



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

**O jogo de Voleibol enquanto um Sistema Dinâmico:
Estudo da variabilidade dos comportamentos táticos de
equipas femininas de nível de rendimento distinto**

Ana Gracinda Alves Ramos

Orientadora

Patrícia Coutinho, PhD

Co-Orientador

Pedro Silva, PhD

Dissertação apresentada à
Faculdade de Desporto com
vista à obtenção do grau de
Mestre em Treino de Alto
Rendimento Desportivo, ao
abrigo do Decreto-Lei
74/2006, de 24 de março.

Porto, 2016

Ficha de Catalogação

Ramos, A. (2016). *O jogo de Voleibol enquanto um Sistema Dinâmico: Estudo da variabilidade dos comportamentos táticos de equipas femininas de nível de rendimento distinto*. A. Ramos. Dissertação de Mestrado em Treino de Alto Rendimento Desportivo apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

PALAVRAS-CHAVE: TERORIA DOS SISTEMAS DINÂMICOS, VOLEIBOL, VARIABILIDADE, ANÁLISE DE JOGO

Dedicatória,

Avó Gracinda,

Agradecimentos

A dissertação que se apresenta é o espelho de dois anos de uma enorme aprendizagem científica e de um igual crescimento pessoal, repleto de momentos altos e baixos. Expresso, por isso, o meu breve mas mais sincero e profundo agradecimento a todos os que contribuíram para a minha formação académica, desportiva e pessoal.

À Professora Doutora Patrícia Coutinho, não só pela orientação desta dissertação mas particularmente pela dedicação, empenho, trabalho e disponibilidade totais. A sua capacidade e sensibilidade na partilha de conhecimentos é verdadeiramente impressionante. Penso que o meu maior agradecimento é partilhar que, se algum dia exercer uma função semelhante, gostaria de ser assim.

Ao Professor Doutor Pedro Silva, pela sua co-orientação aliada a uma vasta e preciosa partilha de conhecimentos, pelos seus valiosos conselhos e igualmente pela sua disponibilidade e apoio constantes.

À Professora Doutora Isabel Mesquita por todos os conhecimentos transmitidos, pelo tempo despendido e pela paciência inerente a todo este processo de aprendizagem.

Ao Professor Doutor Keith Davids por ter prontamente aceite ser parte integrante deste projeto, e pelo seu precioso contributo na correção e revisão do artigo empírico que dá corpo ao presente trabalho.

Ao Professor Doutor e amigo José Afonso pela partilha de conhecimento, discussão de ideias, mas principalmente pela preocupação que sempre demonstrou para comigo.

Aos meus Pais, um exemplo de trabalho. Obrigado por sempre me concederem todas as condições para que a minha formação académica fosse possível. Essas condições vão muito para além do pagamento de propinas ou livros, são sobretudo o carinho, amor e a paciência no final dos dias bons e maus.

Obrigado também por serem tão exigentes comigo, hoje percebo a importância de o serem.

Ao meu irmão, que mesmo estando muito longe sempre que acompanhou o mais de perto possível, com chamadas e videoconferências constantes. Obrigado por seres uma fonte de desabafos, pelos teus conselhos e pela motivação permanentes.

Um obrigado especial aos meus avós, pelo seu exemplo de vida, por toda a sua preocupação e carinho. Agradeço de igual forma à minha restante família, tios e primos, por todo o vosso apoio incondicional.

À Inês, por ser um verdadeiro pilar ao longo deste ano, pela sua amizade intemporal, pela paciência, carinho e dedicação.

Ao Manel, uma das melhores pessoas que já conheci, por ser o companheiro, amigo, confidente e conselheiro de todas as horas.

Ao Professor, Mestre e Amigo Mário Martins, por tudo aquilo que me ensinou desportiva e pessoalmente ao longo dos últimos 3 anos. É para mim um verdadeiro exemplo da forma como as pessoas devem estar na vida e no desporto.

À equipa Sénior Feminina do Leixões das épocas 14/15 e 15/16. Obrigada pela oportunidade. Agradeço estes dois anos de aprendizagem imensa, a paciência e o carinho diários.

À equipa Iniciados Masculinos do Leixões das épocas 14/15 e 15/16, a minha primeira equipa. Obrigada meninos por tudo o que me ensinaram. Poder participar na vossa formação, ver e acompanhar o vosso crescimento é extremamente reconfortante e gratificante.

Ao amigo Hélder Andrade, às atletas e amigas Juliana Rosas e Tânia Oliveira por toda a diversão, companheirismo e aprendizagem concedidas.

Aos irmãos Pedro e Ana, amigos de infância, pela sua amizade e apoio constantes.

Aos amigos que a faculdade me deu e que me acompanharam neste percurso. Laura Freitas, Ana Carrapatoso, Inês Barbosa, Lia Couto, Marta Areias, Rita Coutinho, Gonçalo Miranda, Nuno Abrantes e o João Magalhães.

Ao Ruben, à Joana e ao Ruben Silva, por me acompanharem e apoiarem incondicionalmente.

À minha Avó Gracinda, o maior de todos os meus amores e a maior fonte de motivação. Já estavas compreensivelmente cansada e as forças não chegaram para presenciar o culminar deste processo, contudo, obrigada pelo teu genuíno exemplo de trabalho, humildade, bondade, sensatez e sabedoria. Não há palavras que expressem o meu agradecimento para o teu apoio, os teus conselhos e os teus abraços sempre tão singulares e apropriados. Obrigada por, entre outras lições, me ensinares que as pessoas não se medem pelo seu grau académico ou estatuto social, mas sim pela forma como tratam os outros.

Índice Geral

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Resumo	xv
Abstract	xvii
Lista de Abreviaturas	xix
I. Introdução	23
II. Estudo Teórico	41
Estudo 1	
Tendências evolutivas na análise do jogo e da performance: A aplicação da Teoria dos Sistemas Dinâmicos às Ciências do Desporto e a adoção de métodos não lineares.....	45
III. Estudo Empírico	61
Estudo 2	
How players exploit variability and regularity of game actions in female volleyball teams.....	65
IV. Considerações Finais	85

Índice de Figuras

Estudo Empírico 1

Figure 1 – Standardised mean differences between the two groups for entropy values of all variables (a), according to type of set (b) and set periods (c).....	75
--	----

Índice de Tabelas

Introdução

Tabela 1 – Síntese da estrutura e dos conteúdos que constituem a presente dissertação.....	33
--	----

Estudo Empírico 1

Table 1 – Descriptive analysis of all variables, considering the groups, type and set periods.....	74
--	----

Resumo

A presente dissertação teve como objetivo central a análise e interpretação do jogo de voleibol segundo a aplicação dos conceitos e métodos da teoria dos sistemas dinâmicos ao desporto, nomeadamente a análise da variabilidade dos comportamentos táticos de equipas de voleibol de diferentes níveis competitivos. A forma como os constrangimentos situacionais tipo (i.e. decisivo e não-decisivo) e período (i.e. inicial e final) de set podem influenciar a variabilidade dos comportamentos táticos, foi também considerada. Foram observados oito jogos da competição Olímpica de 2012 e oito jogos da Liga Portuguesa da época 2014-2015, num total de 1496 jogadas analisadas. A variabilidade das condições de distribuição, zona e tempo de ataque e oposição de bloco foi avaliada através de métodos não lineares, como é o caso da medida de entropia de Shannon. Foram utilizadas inferências baseadas na magnitude para analisar o significado prático da comparação de valores entre as variáveis selecionadas. Os resultados mostraram que as equipas de elite revelam um comportamento mais regular no que respeito às condições de distribuição e oposição de bloco e um comportamento mais variável ao nível da zona e tempo de ataque. Assim, a imprevisibilidade (i.e. maior variabilidade) do ataque foi um fator-chave conseguido através da estabilidade (i.e. menor variabilidade) noutras ações de jogo (i.e. condições excelentes de distribuição). Destaca-se, ainda, um comportamento tático mais variável e, por isso, mais adaptável, das equipas de elite sobretudo em momentos críticos do jogo (i.e. set decisivo e período final do set). Estas evidências fornecem importantes implicações para a prática pois informa os treinadores de nível competitivo inferior acerca das principais diferenças das suas equipas para as equipas de topo, dá a noção da importância da variabilidade ofensiva para pontuar, fornecendo assim um fio condutor importante para o planeamento e estruturação do processo de treino.

PALAVRAS-CHAVE: SISTEMAS DINÂMICOS, ANÁLISE DE JOGO, ENTROPIA, VOLEIBOL

Abstract

The main purpose of this dissertation was to analyse and interpret the volleyball game according to the application of concepts and methods of dynamical systems theory, namely, the analysis of variability of tactical performance indices between volleyball teams of different competitive levels. The influence of situational constraints such as the type (decisional and non-decisional) and the period (i.e. initial and final) of the set in the variability of collective tactical behaviours was also considered. Eight matches from the 2012 Olympics competition and eight matches from the Portuguese national league in the 2014-2015 season were observed, in a total of 1496 rallies. The variability of setting conditions, attack zone, attack tempo and block opposition was assessed using non-linear methods, such as the Shannon entropy measure. Magnitude-based inferences were used to analyse the practical significance of compared values of selected variables. Results showed that elite teams were more regular (i.e. lower variability values) in setting conditions and block opposition and more unpredictable (higher variability values) in tempo and zone of attack. Thus, the uncertainty in attack action was a key factor that could only be achieved with greater performance stability in other game actions. The elite teams also presented more variability in collective tactical behaviours during game critical moments (i.e. decisional sets and final set periods). These evidences provide important guidelines to plan and structure the training process once inform coaches of low competitive level about the differences between their teams and top teams and suggest that offensive variability is essential to score.

KEYWORDS: DYNAMICAL SYSTEMS, MATCH ANALYSIS, ENTROPY, VOLLEYBALL

Lista de Abreviaturas

AJ – Análise de Jogo

AP – Análise da Performance

JDC – Jogos Desportivos Coletivos

TSD – Teoria dos Sistemas Dinâmicos

GMPT – Generalized Motor Program Theory

UCM – Uncontrolled Manifold Hypothesis

EL – Elite Level

NL – National Level

DS – Decisional Set

NDS – Non-Decisional Set

ISP – Initial Set Period

FSP – Final Set Period

I. INTRODUÇÃO

1. Justificação e pertinência do estudo

O desporto, desde o seu carácter lúdico até à sua vertente mais competitiva, assume na sociedade atual uma importância crescente e inequívoca. Os desportos individuais mas, sobretudo os jogos desportivos coletivos, revelam-se como um laboratório vivo para o estudo da ação e comportamento humanos em contexto de alta imprevisibilidade, como é o caso do contexto competitivo (Mesquita & Afonso, 2013).

Face não só ao elevado interesse que o rendimento desportivo tem no quotidiano da sociedade, como também à necessidade de compreender os comportamentos desportivos subjacentes ao alcance de patamares de rendimento de excelência, a investigação relativa à análise da performance (AP) e à análise de jogo (AJ) tem sofrido um profundo avanço no decurso dos últimos anos (Garganta, 2001; Mesquita & Afonso, 2013). O principal objetivo destas áreas de investigação situa-se em analisar, observar, interpretar e consequentemente compreender melhor o jogo o que, ao mesmo tempo, possibilita aperfeiçoar as variáveis inerentes ao processo de treino. Assim, se por um lado a AP tem proporcionado o desenvolvimento de métodos de treino, conferindo uma especificidade maior ao mesmo e, por conseguinte, uma maior transferibilidade da aprendizagem para o contexto competitivo (Garganta, 2001), por outro lado também a AJ tem permitido conhecer as características, particularidades e padrões de comportamentos dos jogadores e equipas em competição (Nevill, Atkinson, & Hughes, 2008).

No caso particular do Voleibol, a AP e a AJ têm contribuído significativamente para o avanço do conhecimento desta modalidade, facto que se espelha no notório número de publicações científicas observadas nas últimas décadas (Marcelino, Sampaio, & Mesquita, 2010; Mesquita & Afonso, 2013; Mesquita, Paolo, Marcelino, & Afonso, 2012). Relativamente aos estudos existentes, o tipo de metodologias em que a generalidade dos respetivos se baseia segue um carácter descritivo, comparativo e preditivo (Mesquita et al., 2012). Os estudos descritivos preconizam principalmente uma caracterização genérica das diversas ações de jogo (i.e. serviço, receção, defesa, distribuição,

ataque e bloco). Por exemplo, Jorg e Wolfgang (2007) tentaram identificar, descrever e caracterizar as movimentações táticas defensivas e ofensivas das seleções de voleibol feminino, sugerindo que as equipas apresentam padrões táticos de defesa e ataque diferenciados. De forma idêntica, Castro e Mesquita (2007) analisaram as variáveis que caracterizam o ataque de segunda linha em situação de side-out, sugerindo que as zonas mais frequentes de ataque são a zona 1 e zona 6, respetivamente. Por outro lado, as análises de natureza comparativa têm permitido, devido à estrutura rígida e determinista que o voleibol apresenta, relacionar várias ações de jogo (Afonso & Mesquita, 2011). A título exemplar, Costa, Ferreira, Junqueira, Afonso, e Mesquita (2011) analisaram a relação entre o serviço e a receção com a eficácia de ataque, sugerindo que uma elevada agressividade no serviço reduz a eficácia da receção, o que, por sua vez, diminui a possibilidades do ataque pontuar. A este nível, outras associações entre diferentes variáveis têm sido consideradas como o tipo e a zona de distribuição com a eficácia de ataque (Coutinho, Afonso, & Mesquita, 2008; Marcelino, Esteves, Afonso, & Mesquita, 2008), a eficácia de ataque com o resultado final do set (Marcelino & Mesquita, 2008; Marelić, Rešetar, & Janković, 2004) ou do jogo (Zetou, Moustakidis, Tsigilis, & Komninakidou, 2007). Relativamente às análises de carácter preditor, as respetivas têm surgido com o propósito de inferir acerca de performances e resultados futuros (i.e. vitória do set e/ou jogo), bem como perceber em que medida elevadas performances em determinadas ações de jogo promovem um desempenho igualmente positivo noutras ações. Neste sentido, Rocha e Barbanti (2006) concluíram que é possível predizer com 77.7% de confiança o resultado de um set no voleibol através da avaliação dos erros de ataque e do desempenho nas ações de serviço e bloco. Também Castro e Mesquita (2010) analisaram as variáveis passíveis de previsão do tempo de ataque durante o complexo II (i.e. contra-ataque), sugerindo que o tipo e a eficácia de defesa e a zona de distribuição são as variáveis que permitem inferir melhor acerca do tempo de ataque.

Pese embora o contributo inquestionável dos estudos e metodologias supracitadas, e do avanço do conhecimento ao nível da AP e AJ, em geral, e

do voleibol, em particular, a verdade é que os respetivos não fornecem informação robusta e necessária acerca da complexidade e dinâmica do desporto e do jogo, algo que tem sido ressaltado atualmente na literatura da especialidade (Marcelino, Sampaio, et al., 2010; Mesquita & Afonso, 2013; Mesquita et al., 2012). A este nível, os investigadores têm criticado principalmente o facto de os dados não serem analisados em função do contexto da sua ocorrência, o que obviamente limita a análise do jogo na sua globalidade (Hughes, 2004; McGarry, Anderson, Wallace, Hughes, & Franks, 2002; Vilar, Araújo, Davids, & Button, 2012).

Por este motivo, as Ciências do Desporto têm-se recentemente alicerçado de novos conceitos e teorias, nomeadamente a Teoria dos Sistemas Dinâmicos (TSD), com o propósito de aprofundar, renovar e melhor interpretar o conhecimento acerca do estudo do movimento e comportamento humano. Esta teoria preconiza que os sistemas biológicos auto-organizam-se consoante constrangimentos ambientais, biomecânicos e morfológicos, de forma a encontrar a solução mais estável para produzir um dado movimento (Hamill, van Emmerik, Heiderscheit, & Li, 1999; Kamm, Thelen, & Jensen, 1990). A TSD diferencia-se das outras teorias ao introduzir os conceitos de estabilidade e de não-linearidade para explicar a variabilidade que confere adaptabilidade ao sistema, permitindo, por sua vez, que este mantenha a sua funcionalidade (Stergiou & Decker, 2011). Assim, os conceitos de variabilidade, imprevisibilidade, estabilidade e coordenação que incorporam a TSD fundiram-se com os conceitos e teorias das Ciências do Desporto. (Araújo, Davids, & Serpa, 2005; Stergiou, Harbourne, & Cavanaugh, 2006). Por conseguinte, também a AP se serviu destes conceitos na tentativa de perceber e explicar melhor o desempenho desportivo (Davids, Savelsbergh, & Bennett, 2002; Esteves et al., 2015; Silva et al., 2014). Esta nova e inovadora abordagem tem permitido uma mudança de paradigma na interpretação do jogo ao considerar as relações entre jogador e o próprio ambiente onde o desempenho desportivo ocorre (Davids, Button, Araújo, Renshaw, & Hristovski, 2006). Deste modo, baseada na TSD, esta nova visão encara atletas e equipas como sistemas dinâmicos e complexos, dotados de uma degenerescência e variabilidade

inerentes que, por sua vez, lhes confere adaptabilidade e consequente funcionalidade indispensáveis (Davids, Araújo, Seifert, & Orth, 2015; Seifert, Button, & Davids, 2013). Assim, esta nova corrente de estudo sugere que os padrões funcionais de comportamento coordenado surgem através do processo de auto-organização que, por sua vez, resulta da interação entre jogadores relativamente a uma tarefa e restrições ambientais específicas (Araújo, Davids, Bennett, Button, & Chapman, 2004; Hristovski, Davids, & Araújo, 2006). Neste sentido, o referido campo de investigação tem ambicionado explicar como é que das interações entre jogadores e do ambiente em que estas se inserem surgem padrões de estabilidade, variabilidade e quebra de simetria de estados organizacionais das equipas (Araújo, Silva, & Davids, 2015; Duarte et al., 2012; Hristovski et al., 2006).

A partir desta noção de que equipas e/ou atletas se equiparam a sistemas dinâmicos complexos e não lineares, urge a necessidade de recorrer a diferentes métodos de investigação que permitam avaliar e traduzir condignamente a imprevisibilidade do sistema. Considerando que uma das importantes críticas referentes à da investigação na AJ é precisamente a sua visão reducionista, uma vez que geralmente os seus resultados omitem a referência ao "porquê" e "como" ocorreu determinado desempenho (Glazier, 2010), urge, o recurso a outro tipo de métodos que encarem o jogo e as equipas como sistemas dinâmicos complexos, sujeitos à interferência de múltiplos constrangimentos (Araújo et al., 2015; Davids et al., 2015; Vilar et al., 2012). Por este motivo, a investigação mais recente no âmbito da AP (mas não na AJ) tem recorrido a análises de cariz não linear, como por exemplo medidas de entropia, na tentativa de medir a desordem dos comportamentos táticos coletivos (i.e. variabilidade/estabilidade, imprevisibilidade/regularidade) (Silva et al., 2014a; Vilar, Araújo, Davids, & Bar-Yam, 2013; Vilar, Santos, Araújo, & Davids, 2011). Contudo, a utilização deste tipo de análise e metodologias tem sido largamente observada em situação de treino e recorrendo à manipulação de constrangimentos específicos que possam interferir a performance dos jogadores e da equipa (Esteves et al., 2015; Gonçalves, Marcelino, Torres-Ronda, Torrents, & Sampaio, 2016; Silva et al., 2014). Por sua vez, a análise

em contexto real de competição, o qual é considerado um momento observacional de excelência (Afonso, Mesquita, Marcelino, & Silva, 2010), tem sido completamente negligenciada e a aplicação da TSD e seus métodos relegadas para segundo plano.

Tal como todos os JDC, o voleibol é um jogo (i.e. sistema) bastante complexo e dinâmico (Lames & McGarry, 2007; Passos, Araújo, Davids, & Shuttleworth, 2008) e, por isso, passível de uma interpretação alicerçada na aplicação de métodos (i.e. metodologias não lineares) e conceitos (i.e. variabilidade, imprevisibilidade, estabilidade, constrangimentos) provenientes da TSD. Contudo, no que concerne à modalidade de Voleibol, a aplicação desta perspetiva e das respetivos métodos condizentes é, ainda, bastante redutora, o que limita o nosso conhecimento sobre o jogo e sobre a performance das equipas e jogadores. De facto, até ao momento não foi encontrado qualquer estudo aplicado ao voleibol que comporte as questões da variabilidade e imprevisibilidade associadas ao jogo. No que respeita aos constrangimentos situacionais do jogo de voleibol, um dos mais importantes é o set, considerado por Marcelino, Mesquita, and Sampaio (2010) como um micro-jogo. Este constrangimento situacional tem sido estudado segundo a sua ocorrência temporal (i.e. set inicial, intermédio e final), e, ainda, tendo em conta os diferentes momentos dentro de cada set (i.e. iniciais, intermédios e finais). Por exemplo, Marcelino, Mesquita, et al. (2010) tentaram descrever o desempenho do ataque e serviço nos momentos iniciais e finais do set, sugerindo que as equipas apresentam diferentes desempenhos em função dos diferentes períodos do jogo. Isto é, nos momentos iniciais do set há um certo desequilíbrio entre as equipas, que posteriormente se tendem a equilibrar, suscitando a existência de um período de adaptação e auto-organização entre ambas as equipas. No voleibol, contudo, ainda não foi considerado o carácter decisivo do set nem o período final do set no que respeita à, forma como estes podem influenciar a variabilidade do comportamento tático coletivo das equipas.

Uma outra lacuna presente na literatura acerca da AJ no voleibol diz respeito à falta de informação acerca de níveis competitivos distintos. A

generalidade dos estudos resultam de amostras de igual nível competitivo (Afonso & Mesquita, 2011; Afonso et al., 2010; Afonso, Mesquita, & Palao, 2005; Afonso, Paulo, Castro, & Mesquita, 2009; Drikos & Vagenas, 2011; Laios & Athanasios, 2011; Zetou et al., 2007) ou da criação de sub-níveis dentro da mesma amostra (Inkinen, Hayrinen, & Linnamo, 2013) sendo, em ambos os casos, o alto nível o de eleição para análise. O único estudo encontrado que tenta responder a tal lacuna foi realizado por Hughes e Daniel (2003). Estes autores analisaram os padrões de jogo de equipas de voleibol de elite e não-elite, sugerindo que o grupo de elite é significativamente melhor na qualidade das ações técnicas (i.e. serviço, receção e defesa) e no resultado final (i.e. com mais ponto ganhos e menos erros cometidos). Apesar da importância deste estudo, o conhecimento sobre os desempenhos técnicos e táticos de entre equipas com diferentes níveis competitivos é ainda limitada. Para além deste tipo de estudos fornecerem informação relevante sobre quais os principais indicadores de performance diferenciadores de níveis de desempenho distintos, os respetivos concedem ao mesmo tempo informação útil e prática aos treinadores dos níveis competitivos inferiores de forma a trabalhar no sentido de maximizar o desempenho dos seus atletas e equipas.

Finalmente, a literatura no âmbito da AJ no voleibol têm-se dedicado maioritariamente a analisar a vertente masculina da modalidade, sendo o volume de produção científica referente à análise do voleibol feminino substancialmente inferior (Afonso, 2008). Dos estudos existentes, ressalva a ideia, por exemplo, que tal como acontece na vertente masculina, a qualidade da receção e a eficácia de ataque no side-out são os indicadores táticos de performance com maior poder preditivo de vitória do set (Costa, Afonso, Barbosa, Coutinho, & Mesquita, 2014a; Costa, Barbosa, Freire, Matias, & Greco, 2014b). No entanto, pese embora a atenção dedicada ao voleibol feminino tenha incrementado nos últimos anos, a verdade é que o conhecimento acerca deste jogo é ainda reduzido quando comparado com a vertente masculina da modalidade.

2. Problema e objetivos do estudo

O presente estudo resulta da necessidade de tentar colmatar as lacunas existentes no âmbito da AJ, em geral, e do voleibol, em particular, as quais foram explanadas na secção anterior. A este nível, a conceção do jogo de voleibol enquanto um sistema dinâmico, complexo, variável, e, por isso, adaptável a uma imensidão de constrangimentos, bem como o interesse no jogo de voleibol feminino e o volume mais reduzido de investigação a este nível, levou-nos a indagar de que forma os constrangimentos situacionais como o tipo de set (decisivo vs. não-decisivo), o período de set (inicial vs. final) e o nível competitivo (elite vs. nacional) exercem influência na performance desportiva das equipas, particularmente no que respeita à variabilidade e/ou regularidade das ações de jogo consideradas. Por este motivo, surgiram as seguintes problematizações:

1. Qual a linha de investigação que tem acompanhado a AJ no voleibol?
Será que a respetiva se coaduna com as exigências mais recentes nesta área de investigação?
2. Será que existem diferenças entre equipas de diferentes níveis competitivos no que respeita à variabilidade/regularidade das ações de jogo? A verificarem-se diferenças, qual a sua maior incidência?
3. Será que o tipo de set (decisivo ou não-decisivo) e o período de set têm impacto na forma como a variabilidade das ações de jogo se expressa?
Os diferentes níveis competitivos respondem de forma diferenciada a estes constrangimentos?

Em conformidade, a presente dissertação teve como objetivos:

1. Apresentar os conceitos da TSD e a sua aplicabilidade às Ciências do Desporto, bem como o recurso a métodos não lineares enquanto

tendências evolutivas na investigação no âmbito da AP e AJ, em geral, e do voleibol em particular;

2. Analisar e comparar a variabilidade dos indicadores táticos de performance (i.e. condições de distribuição, zona e tempo de ataque, oposição de bloco) no complexo I (i.e. side-out; receção, distribuição e ataque) entre equipas de voleibol de diferentes níveis competitivos;
3. Analisar de que modo a variabilidade, dos respetivos comportamentos táticos, pode ser influenciada pelo tipo de set (i.e. set decisivo ou não-decisivo) e pelo período de set (i.e. período inicial e final).

3. Estrutura da dissertação

A dissertação de mestrado que se apresenta segue as normas e orientações para a redação e apresentação de dissertações da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (FADEUP, 2009). A estrutura desta tese adota o modelo escandinavo, o qual pressupõe uma coletânea de artigos prontos para publicação em revistas com revisão de pares e fator de impacto associado (FADEUP, 2009). A escolha deste modelo prende-se com o facto de permitir não só a produção de trabalhos científicos, como também o desenvolvimento de um conhecimento específico na área da AJ e na modalidade de Voleibol. Todo o processo que decorre desde a submissão até à publicação final dos artigos revelou-se igualmente importante uma vez que apelou em larga escala ao espírito crítico e à resiliência permitindo, ao mesmo tempo, refinar o trabalho efetuado. Deste modo, a presente dissertação divide a sua estrutura em quatro capítulos distintos.

O capítulo I corresponde à introdução onde é apresentada a componente teórica relevante de suporte para a elaboração da presente tese. Os problemas de estudo, objetivos e estrutura da dissertação são ainda abordados nesta secção.

O capítulo II diz respeito a uma componente teórica onde é apresentado um ensaio teórico intitulado *“Tendências evolutivas na análise do jogo e da*

performance: A aplicação da Teoria dos Sistemas Dinâmicos às Ciências do Desporto e a adoção de métodos não lineares”. Este ensaio submetido para a Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, teve como propósito discorrer sobre os conceitos inerentes à aplicação da teoria dos sistemas dinâmicos e métodos não lineares enquanto tendências evolutivas na investigação da análise de jogo e da performance. Posteriormente, é apresentado o suporte teórico que sustenta a aplicação da TSD e métodos que a acompanham ao desporto, bem como a problematização da importância da aplicação desta nova abordagem em contexto real de competição, e não apenas no que à AP respeita. Adicionalmente, este ensaio teórico procura informar acerca do estado de arte em relação à forma como esta abordagem tem sido aplicada nos estudos empíricos.

O capítulo III é dedicado à componente empírica e engloba um estudo que reflete a importância da variabilidade no desporto, conseguida através da aplicação de métodos não lineares. Este estudo empírico intitulado *“How players exploit variability and regularity of game actions in female volleyball teams”*, em fase de revisão no European Journal of Sport Science, analisou e comparou o desempenho dos indicadores táticos de performance inerentes ao complexo I entre equipas de voleibol de níveis de rendimento distintos, bem como a possível influência do tipo e período de set na variabilidade dos comportamentos táticos coletivos. Deste modo, foram analisadas 8 jogos dos Jogos Olímpicos de 2012 e 8 jogos na liga Portuguesa correspondentes à época de 2014-2015, num total de 1496 jogadas observadas. As principais novidades deste estudo prendem-se com a aplicação da abordagem ecológica à modalidade de voleibol e o uso de medidas de entropia que permitiram medir e avaliar a variabilidade das variáveis selecionadas. Para além disso, a recolha de dados que perfez a amostra acima descrita foi realizada em contexto competitivo. A observação de equipas com níveis competitivos distintos possibilitou, ainda, perceber quais as principais diferenças que nivelam os dois grupos, o que se traduz em informação prática importante não apenas para caracterizar o jogo de voleibol de nível de rendimento superior, mas igualmente para os treinadores do nível competitivo inferior que, conhecendo as principais

falhas do seu jogo, podem trabalhar apropriadamente no sentido de as colmatar.

O capítulo IV engloba as considerações finais que, por sua vez, têm parcialmente por base as ilações e conclusões dos dois artigos que acompanham esta dissertação. Para tal, foram analisados, interpretados e relacionados os resultados e conhecimentos partilhados por cada artigo, no sentido de perceber a importância da visão do desporto em geral, e do voleibol, em particular, como um fenómeno dinâmico e complexo envolto de diversos constrangimentos, cuja ampliação da sua compreensão pode ser obtida com recurso a metodologias não lineares. Neste capítulo são, ainda, apontadas sugestões para investigações futuras, dadas com a crença de que através delas o conhecimento científico destas áreas será melhorado e alargado. Por último, são destacadas implicações práticas que permitam sobretudo aos treinadores aumentar o seu conhecimento em relação à variabilidade e regularidade do jogo de voleibol.

A bibliografia de cada capítulo é apresentada no final do mesmo. No final de cada artigo é apresentada a bibliografia que lhe corresponde. Finalmente, a tabela 1 apresenta uma síntese da estrutura e dos conteúdos que constituem a presente dissertação. Esta tabela designa o tipo de estudo, respetivo título, autores e a revista de publicação ou submissão.

Tabela 1 - Síntese da estrutura e dos conteúdos que constituem a presente dissertação.

Capítulo I		Introdução
Introdução		que contempla a justificação e pertinência do estudo, problemas de pesquisa, objetivos do estudo, e estrutura da dissertação
Capítulo II		Estudo Teórico
Estudo 1	Tendências evolutivas na análise do jogo e da performance: A aplicação da Teoria dos Sistemas Dinâmicos às Ciências do Desporto e a adoção de métodos não lineares	
	<i>Ana Ramos, Patrícia Coutinho, Pedro Silva & Isabel Mesquita</i>	
	Submetido: Revista Portuguesa de Ciências do Desporto	
Capítulo III		Estudo Empírico
Estudo 2	How players exploit variability and regularity of game actions in female volleyball teams	
	<i>Ana Ramos, Patrícia Coutinho, Pedro Silva, Keith Davids & Isabel Mesquita</i>	
	Em fase de revisão (Under review): European Journal of Sports Science	
Capítulo IV		Considerações Finais
Considerações finais da dissertação,		apresentação de sugestões/problemas para futuras investigações e destaque das implicações práticas mais pertinentes

4. Referências Bibliográficas

- Afonso, J. (2008). *Contributos da análise de jogo para o estudo da tomada de decisão da distribuidora em voleibol. Estudo aplicado em Seleções Nacionais de Seniores Femininos de Elite*. (M.Sc Master thesis), University of Porto, Porto.
- Afonso, J., & Mesquita, I. (2011). Determinants of block cohesiveness and attack efficacy in high-level women's volleyball. *European Journal of Sport Science*, 11(1), 69-75.
- Afonso, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Silva, J. A. (2010). Analysis of the setter's tactical action in high-performance women's volleyball. *Kinesiology*, 42(1), 82-89.
- Afonso, J., Mesquita, I., & Palao, J. M. (2005). Relationship between the use of commit-block and the number of blockers and block effectiveness. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5(2), 36-45.
- Afonso, J., Paulo, A., Castro, J., & Mesquita, I. (2009). Relationship between block opposition and attack efficacy in elite women's volleyball. 113-188.
- Araújo, D., Davids, K., Bennett, S., Button, C., & Chapman, G. (2004). Skill acquisition in sport: Research, theory and practice. In A. M. Williams & N. J. Hodges (Eds.), *Emergence of Sport Skills under Constraints* (pp. 409-434). London: Taylor & Francis.
- Araújo, D., Davids, K., & Serpa, S. (2005). An ecological approach to expertise effects in decision-making in a simulated sailing regata. *Psychology of Sport and Exercise*, 6(6), 671-692.
- Araújo, D., Silva, P., & Davids, K. (2015). Capturing group tactical behaviours in expert teams players (pp. 209-220).
- Castro, J., & Mesquita, I. (2007). Análise zonal das variáveis caracterizadoras do ataque de 2ª linha, na fase de side-out, em voleibol - estudo realizado em seleções nacionais de elite. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 7(Suppl.1), 53-54.

- Castro, J., & Mesquita, I. (2010). Analysis of the attack tempo determinants in volleyball's complex II - a study on elite male teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(3), 197-206.
- Costa, G., Afonso, J., Barbosa, R., Coutinho, P., & Mesquita, I. (2014a). Predictors of attack efficacy and attack type in high-level Brazilian women's volleyball. *Kinesiology*, 46(2), 242-248.
- Costa, G., Barbosa, R. V., Freire, A. B., Matias, C. J. A. d. S., & Greco, P. J. (2014b). Analysis of the structures of side-out with the outcome set in women's volleyball. *Motricidade*, 10(3), 40-49.
- Costa, G., Ferreira, N., Junqueira, G., Afonso, J., & Mesquita, I. (2011). Determinants of attack tactics in Youth male elite volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(1), 96-104.
- Coutinho, P., Afonso, J., & Mesquita, I. (2008). *The effect of the zone and tempo of attack in attack's efficacy, in elite female volleyball*. Paper presented at the World Congress of Performance Analysis of Sport VIII, Magdeburg.
- Davids, K., Araújo, D., Seifert, L., & Orth, D. (2015). Expert performance in sport: An ecological dynamics perspective. In J. Baker & D. Farrow (Eds.), *Routledge Handbook of Sport Expertise* (pp. 273-303). London: Routledge.
- Davids, K., Button, C., Araújo, D., Renshaw, I., & Hristovski, R. (2006). Movement Models from Sports Provide Representative Task Constraints for Studying Adaptive Behavior in Human Movement Systems. *Adaptive Behavior*, 14(1), 73-95.
- Davids, K., Savelsbergh, G., & Bennett, S. (2002). Interceptive convergence. In G. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in actions in sport: information and movement*. London: Routledge.
- Drikos, S., & Vagenas, G. (2011). Multivariate assessment of selected performance indicators in relation to the type and result of a typical set in Men's Elite Volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(1), 85-95.

- Duarte, R., Araújo, D., Folgado, H., Esteves, P., Marques, P., & Davids, K. (2012). Capturing complex, non-linear team behaviours during competitive football performance. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26, 62-72.
- Esteves, P. T., Silva, P., Vilar, L., Travassos, B., Duarte, R., Arede, J., & Sampaio, J. (2015). Space occupation near the basket shapes collective behaviours in youth basketball. *Journal of Sports Science*.
- FADEUP. (2009). *Normas e orientações para a redação e apresentação de dissertações e relatórios*. Porto: FADEUP.
- Garganta, J. (2001). A análise da performance nos jogos desportivos. Revisão acerca da análise do jogo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1(1), 57-64.
- Glazier, P. (2010). Game, set and match? Substantive issues and future directions in performance analysis. *Sports Medicine*, 40(8), 625-634.
- Gonçalves, B., Marcelino, R., Torres-Ronda, L., Torrents, C., & Sampaio, J. (2016). Effects of emphasising opposition and cooperation on collective movement behaviour during football small-sided games. *Journal of Sports Science*.
- Hamill, J., van Emmerik, R. E., Heiderscheit, B. C., & Li, L. (1999). A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. *Clinical Biomechanics*, 14, 297-308.
- Hristovski, R., Davids, K., & Araújo, D. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653-676.
- Hughes, M. (2004). Performance Analysis - a 2004 perspective. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4(1), 103-109.
- Hughes, M., & Daniel, R. (2003). Playing patterns of elite and non-elite volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 3(1), 50-56.
- Inkinen, V., Hayrinen, M., & Linnamo, V. (2013). Technical and tactical analysis of women's volleyball. *Biomedical Human Kinetics*(5), 43-50.

- Jorg, J., & Wolfgang, S. (2007). Situation-orientated recognition of tactical patterns in volleyball. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1345-1353.
- Kamm, K., Thelen, E., & Jensen, J. L. (1990). A dynamical systems approach to motor development. *Physical Therapy*, 70, 763-775.
- Laios, A., & Athanasios, M. (2011). The setting pass and performance indices in Volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(1), 34-39.
- Lames, M., & McGarry, T. (2007). On the search for reliable performance indicators in game sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 62-79.
- Marcelino, R., Esteves, F., Afonso, J., & Mesquita, I. (2008). Relationship between distribution zone and attack efficacy in elite men's volleyball // *Congreso Internacional de Ciencias del Deporte* (pp. CD-ROM Edition). Pontevedra: Universidade de Vigo.
- Marcelino, R., & Mesquita, I. (2008). *Associations between performance indicators and set's result on male volleyball*. Paper presented at the 5th International Scientific Conference on Kinesiology, Zagreb, Croatia.
- Marcelino, R., Mesquita, I., & Sampaio, J. (2010). Efficacy of the volleyball game actions related to the quality of opposition. *The Open Sports Sciences Journal*, 3, 34-35.
- Marcelino, R., Sampaio, J., & Mesquita, I. (2010). Investigação centrada na análise do jogo: da modelação estática à modelação dinâmica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 11(1), 481-499.
- Marelić, N., Rešetar, T., & Janković, V. (2004). Discriminant analysis of the sets won and the sets lost by one team in A1 Italian Volleyball League - a case study. *Kinesiology*, 36(1), 75-82.
- McGarry, T., Anderson, D., Wallace, S., Hughes, M., & Franks, I. (2002). Sport competition as a dynamical self-organizing system. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 771-781.
- Mesquita, I., & Afonso, J. (2013). Voleibol. In J. Garganta, J. Prudente & M. T. Anguera Argilaga (Eds.), *Avaliação da performance em jogos*

- desportivos coletivos* (Vol. 1, pp. 237-257). Porto: Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto.
- Mesquita, I., Paolo, J., Marcelino, R., & Afonso, J. (2012). Perform analysis in indoor volleyball and beach volleyball. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 367-379). London: Routledge.
- Nevill, A., Atkinson, G., & Hughes, M. (2008). Twenty-five years of sport performance research in the Journal of Sports Sciences. *Journal of Sports Sciences*, 26(4), 413-426.
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., & Shuttleworth, R. (2008). Manipulating constraints to train decision making in Rugby Union. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 3(1), 125-140.
- Rocha, C., & Barbanti, V. (2006). An analysis of the confrontations in the first sequence of game actions in Brazilian volleyball. *Journal of Human Movement Studies*, 50(4), 259-272.
- Seifert, L., Button, C., & Davids, K. (2013). Key properties of expert movement systems in sport : an ecological dynamics perspective. *Sports Medicine*, 43(3), 167-178.
- Silva, P., Aguiar, P., Duarte, R., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2014a). Effects of Pitch Size and Skill Level on Tactical Behaviours of Association Football Players During Small-Sided and Conditioned Games. *International Journal of Sport Science & Coaching*, 9(5), 992-1006.
- Silva, P., Duarte, R., Sampaio, J., Aguiar, P., Davids, K., Araujo, D., & Garganta, J. (2014). Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours in small-sided and conditioned games in football. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1888-1896.
- Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Human Movement Science*, 30, 869-888.
- Stergiou, N., Harbourne, R. T., & Cavanaugh, J. T. (2006). Optimal Movement Variability: A New Theoretical Perspective for Neurologic Physical Therapy. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 30(3), 120-129.

- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Bar-Yam, Y. (2013). Science of winning soccer: Emergent pattern-forming dynamics in association football. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 73-84.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*, 42(1), 1-10.
- Vilar, L., Santos, L., Araújo, D., & Davids, K. (2011). Goalkeepers' positioning can reduce the uncertain of penalty shot direction in association football. *British Journal of Sports Medicine*, 45(15), A12-A13.
- Zetou, E., Moustakidis, A., Tsigilis, N., & Komninakidou, A. (2007). Does Effectiveness of Skill in Complex I Predict Win in Men's Olympic Volleyball Games? *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 3(4), Article 3.

II. ESTUDO TEÓRICO

Tendências evolutivas na análise do jogo e da performance: A aplicação da Teoria dos Sistemas Dinâmicos às Ciências do Desporto e a adoção de métodos não lineares

Ramos, A.¹, Coutinho, P.¹, Silva, P.^{1,2} & Mesquita, I.¹

¹ CIFI2D, Faculty of Sport, University of Porto, Porto, Portugal

² FC Zenit, St. Petersburg, Russia

Submetido para publicação na Revista Portuguesa de Ciências do Desporto

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo discorrer sobre os conceitos inerentes à aplicação da teoria dos sistemas dinâmicos e métodos não lineares enquanto tendências evolutivas na investigação da análise de jogo e da performance. Através de uma análise da literatura sobre a temática em questão é possível destacar que 1) a visão mais recente do desporto baseia-se na aplicação de teorias complexas, como a teoria dos sistemas dinâmicos, e na adoção de métodos mais robustos para uma melhor interpretação e compreensão do fenómeno que é a performance desportiva, 2) a aplicação tanto desta nova abordagem (i.e. teoria dos sistemas dinâmicos) como dos métodos não-lineares que a acompanham são observadas maioritariamente em contexto de treino, tendo menor expressão em contexto competitivo, e, finalmente, 3) no que concerne ao estudo da modalidade de voleibol, não foram encontrados estudos que comportem as teorias e métodos subjacentes à mais recente visão dinâmica e complexa do desporto. Neste sentido, realça-se a necessidade de aplicação desta nova abordagem teórica à análise de jogo e da performance em geral, e no voleibol, em particular, para que seja possível traduzir e não apenas descrever o desempenho desportivo, nomeadamente no que respeita à variabilidade do comportamento tático coletivo das equipas.

Palavras-Chave: Análise de jogo, análise da performance, teoria dos sistemas dinâmicos, variabilidade, voleibol

Abstract

The aim of this study was to discuss the concepts inherent to the application of dynamical systems theory and the use of nonlinear measures as evolutionary trends in research of match and performance analysis. Through a literature review on this subject it is possible to highlight that 1) the most recent sport vision is based on complex theories, such as the dynamical system theory, and on the application of robust methods that allow a better and deep interpretation of sports phenomenon, 2) the application of this new approach (i.e. dynamical systems theory) and these new methods (i.e. nonlinear measures) is mainly observed in training context, with research in competitive context almost non-existent, and, finally 3) regarding the research on volleyball there were found no studies covering the theories and methods related to sports dynamical and complex perspective. Therefore, it is required the application of this new theoretical approach to match and performance analysis, particularly in volleyball, in order to allow an interpretation rather than solely a description of performance, specifically as far as the variability of team tactical behaviours is concerned.

Keywords: Match analysis, performance analysis, dynamical systems theory, variability, volleyball.

Introdução

O Desporto tem assumido um impacto crescente na sociedade atual, mobilizando cada vez mais interesses, investimentos e paixões. Esta importância generalizada e crescente tem motivado o trabalho dos investigadores na área da Análise da Performance (AP) e, dentro desta, da Análise de Jogo (AJ), na tentativa de perceber quais as razões que permitem o alcance de rendimentos desportivos elevados. Atualmente, há um crescente reconhecimento de que nestas duas áreas os comportamentos desportivos obedecem a normas estabelecidas pelos sistemas complexos e que as equipas se assemelham a sistemas dinâmicos, auto-organizados e sujeitos a diversos

constrangimentos que afetam o seu rendimento (Davids, Araújo, Seifert, & Orth, 2015; Seifert, Button, & Davids, 2013). Esta visão emerge dos conceitos inerentes à Teoria dos Sistemas Dinâmicos (TSD) e tem permitido um profundo avanço na análise e interpretação da performance desportiva, uma vez que se baseia no estudo dos comportamentos dos atletas à luz das relações existentes entre os jogadores, o ambiente e os constrangimentos específicos da tarefa (Davids & Araújo, 2010). No âmbito desta corrente de estudo, o conceito de variabilidade tem surgido como um elemento chave para a investigação do comportamento tático das equipas (Araújo, Silva, & Davids, 2015), sendo que a excelência desportiva é pautada pela presença de elevada variabilidade nos comportamentos táticos colectivos (Davids et al., 2015). Tal variabilidade parece possuir um carácter funcional e adaptativo, uma vez que as equipas de elite parecem deter várias soluções para dar resposta a um mesmo constrangimento (i.e. adaptabilidade e degenerescência), o que, em concomitância, permite manter a eficácia nas suas funções (Davids, 2015).

Não obstante, esta linha de investigação tem centrado sobretudo o seu estudo na manipulação de constrangimentos (tempo, espaço, número de opositores, número de colegas equipas) em situação de treino (Esteves et al., 2015; Gonçalves, Marcelino, Torres-Ronda, Torrents, & Sampaio, 2016; Silva et al., 2014), tendo, ainda, uma reservada aplicação em contexto real de competição (Duarte, Araujo, Folgado, Esteves, & Davids, 2013). Mais se acrescenta que o estudo desta nova abordagem teórica implica o recurso a métodos não lineares, mais complexos que, embora estejam cada vez mais presentes na AP, têm ainda um papel bastante discreto na AJ. De facto, apesar desta corrente teórica ser apelativa pelo renovado e aprofundado conhecimento que possibilita, a sua aplicação às Ciências do Desporto é, ainda, escassa.

Neste sentido, o presente ensaio teórico tem como objetivo apresentar os conceitos inerentes à TSD e o recurso a métodos não lineares enquanto tendências evolutivas na investigação da AJ e AP.

A aplicação da Teoria dos Sistemas Dinâmicos na Análise do Jogo e da Performance Desportiva

O conceito de Variabilidade

Considerando os Jogos Desportivos Coletivos (JDC) enquanto sistemas complexos e dinâmicos (Bourbousson, Sève, & McGarry, 2010; Decker, Cignetti, & Stergiou, 2010; MacLeod, Morris, Nevill, & Sunderland, 2009), a variabilidade surge como um ingrediente chave no estudo e interpretação da performance desportiva. O conceito de variabilidade no desporto, mais concretamente no movimento humano, emerge do estudo da variabilidade nos sistemas biológicos (Davids, Glazier, Araújo, & Bartlett, 2003; Harbourne & Stergiou, 2009), o qual sugere que a variabilidade no comportamento deve ser vista como uma adaptação individual às limitações a que cada organismo está sujeito (i.e. genéticas, motoras, personalidade). Segundo esta perspetiva, a variabilidade tem um papel funcional, pois permite que os indivíduos se adaptem às constantes mudanças impostas pelos constrangimentos de carácter ambiental, anatómico e fisiológico perante estados de doença, lesão e envelhecimento (Stergiou & Decker, 2011).

Recentemente, as Ciências do Desporto, nomeadamente a área da Aprendizagem Motora, têm-se alicerçado de novos conceitos e teorias (i.e. variabilidade comportamental, teoria dos sistemas dinâmicos, não-linearidade) com o propósito de aprofundar e renovar o seu conhecimento acerca do estudo do movimento humano. A variabilidade dos movimentos humanos pode ser descrita como as pequenas variações que ocorrem na performance motora durante a repetição de determinada tarefa, podendo ser observada através da variação do tempo e espaço (Hausdorff et al., 1996). A este respeito, Bernstein (1967) utilizava a expressão “repetição sem repetição”, para explicar que a repetição de uma ação envolve padrões motores e neurais únicos e não repetíveis.

A este nível, a variabilidade da performance motora tem sido estudada, nos últimos anos, segundo várias teorias. As teorias que contribuíram inicialmente para o estudo e avanço desta área foram a Generalized Motor

Program Theory (GPMT) seguida pela Uncontrolled Manifold Hypothesis (UCM). A GPMT considera que as variações de determinado padrão de movimento são o resultado de um erro na capacidade de prever os parâmetros motores necessários para a utilização do programa motor subjacente (Schmidt, 2003). De uma outra perspectiva, a UCM preconiza que a variabilidade motora está associada ao conceito de redundância motora, exaltado pela noção de que existem mais elementos motores do que aqueles que são necessários para resolver uma determinada tarefa, isto é, existe uma multiplicidade de soluções para resolver o mesmo problema motor (Latash, Scholz, & Schöner, 2002).

A mais recente hipótese proposta para o estudo desta temática é a TSD, a qual propõe que os sistemas biológicos se auto-organizam consoante constrangimentos ambientais, biomecânicos e morfológicos, de forma a encontrar a solução mais estável para produzir um dado movimento (Clark, 1992; Hamill, van Emmerik, Heiderscheit, & Li, 1999; Kamm, Thelen, & Jensen, 1990; Thelen, 1992). De uma forma geral, um aumento da variabilidade num determinado padrão de movimento indica uma perda de estabilidade, enquanto uma diminuição da variabilidade aponta para um comportamento altamente estável. Concretamente, a TSD sugere que nos sistemas dinâmicos quando a variabilidade aumenta e atinge um ponto crítico, o sistema torna-se altamente instável e evolui para um novo e mais estável padrão de movimento (com menor variabilidade) (Newell & Vaillancourt, 2001; Stergiou, Harbourne, & Cavanaugh, 2006). Esta perspetiva sugere que uma persistente falta de variabilidade no movimento está associada a comportamentos motores rígidos e inflexíveis com uma capacidade de adaptação limitada às mudanças de tarefa e/ou alterações ambientais (Davids et al., 2003). Em suma, a TSD diferencia-se das outras teorias ao introduzir os conceitos de estabilidade (i.e. regularidade) e de não-linearidade para explicar a variabilidade (i.e. imprevisibilidade) (Harbourne & Stergiou, 2009; Stergiou & Decker, 2011). Um exemplo deste processo ocorre quando um indivíduo aprende a andar de bicicleta. Quando uma criança anda de bicicleta com rodas laterais de apoio, pedalar e controlar a direção da bicicleta são comportamentos estáveis. Porém, quando as rodas laterais de apoio são removidas o sistema é perturbado e, neste caso, pedalar

e controlar a bicicleta provoca bastantes erros o que se traduz por uma alta instabilidade. Com a prática, o indivíduo percebe que existe uma interação entre o equilíbrio e a velocidade da bicicleta. Neste ponto em que o indivíduo percebe como os parâmetros de velocidade, equilíbrio interagem com o controlo no espaço da bicicleta, o estado comportamental (i.e. andar de bicicleta de forma independente) torna-se estável. Este tipo de sistemas apresentam-se como não lineares porque o *input* (i.e. estímulo) não gera uma alteração linear no *output* (i.e. resposta). Isto é, um input altera a variabilidade do sistema, o que pode conduzir ao aparecimento de um novo comportamento (i.e. resposta) (Decker et al., 2010). Esta nova abordagem traduz uma importante evolução no estudo do comportamento motor, uma vez que explica as transições entre estados comportamentais, sugerindo que um decréscimo de variabilidade no movimento está associada a comportamentos motores rígidos e inflexíveis com uma capacidade de adaptação limitada às mudanças de tarefa e/ou alterações ambientais (Rein, Davids, & Button, 2009). Por isso, segundo esta perspetiva a variabilidade não é considerada um erro, mas antes uma fonte de mudança comportamental (Riley & Turvey, 2002). Pese embora as vantagens apresentadas sobre esta teoria, uma limitação significativa situa-se no facto de não considerar a observação e o contexto de alguns comportamentos que parecem ser altamente estáveis mas que paradoxalmente são realizados de modo variável. Isto é especialmente evidente quando observamos a elite de qualquer área (ex.: desporto, música, pintura) (Stergiou & Decker, 2011). No caso particular do desporto, não só o desempenho dos jogadores de elite é mais consistente e eficaz, quando comparado a jogadores de nível inferior, como também parecem ter desenvolvido um número infinito de formas que permitem a realização de determinada tarefa. Portanto, parece que neste sentido, a variabilidade está intimamente relacionada com um repertório comportamental rico (Rein et al., 2009).

Recentemente, Harbourne and Stergiou (2009) propuseram um novo modelo teórico para explicar como variabilidade do movimento se pode relacionar com a aprendizagem motora e saúde. Este modelo baseia-se na ideia de que habilidades motoras maduras e estados saudáveis estão

associados à variabilidade ótima do movimento que, por sua vez, reflete a capacidade de adaptação do sistema. O princípio da variabilidade ótima do movimento é pioneiro no sentido em que estabelece uma relação entre complexidade e previsibilidade, em forma de U invertido. Em termos práticos, neste estado ótimo de variação de movimento, o sistema biológico está num estado saudável quando é caracterizada por exibir variações temporais caóticas (i.e. o ponto mais alto ao longo da função em forma de U invertido), e atinge valores elevados apenas na região intermédia entre a ordem excessiva (i.e. alta previsibilidade) e desordem excessiva (i.e. alta imprevisibilidade). Deste modo, o desenvolvimento de sistemas saudáveis e altamente adaptáveis baseia-se na aquisição de um estado ótimo de variabilidade. Por outro lado, o desenvolvimento anormal pode ser caracterizado por uma estreita gama de comportamentos, alguns dos quais podem ser rígidos, inflexíveis e altamente previsíveis ou, pelo contrário, aleatórios, desfocados e imprevisíveis.

O conceito de variabilidade no âmbito dos Jogos Desportivos Coletivos e a contribuição de métodos não lineares

A aplicação das teorias supracitadas no âmbito dos JDC tem suscitado um profundo avanço na análise e interpretação da performance desportiva ao considerar as relações existentes entre os jogadores e o ambiente (Davids & Araújo, 2010). Deste modo, os investigadores sugerem que os padrões funcionais de comportamento coordenado surgem através do processo de auto-organização, que, por sua vez, resulta da interação entre jogadores relativamente a uma tarefa e restrições ambientais específicas (Araújo, Davids, Bennett, Button, & Chapman, 2004; Araújo, Davids, & Hristovski, 2006). Assim sendo, a investigação tem procurado explicar como é que das interações entre jogadores e o ambiente em que estas se inserem surgem padrões de estabilidade, variabilidade e quebra de simetria de estados organizacionais (i.e. aparecimento de novos padrões de coordenação) (Araújo et al., 2006; Araújo et al., 2015; Duarte et al., 2012), variáveis estas que estão altamente dependentes dos constrangimentos específicos de cada modalidade (por exemplo, localização dos adversários, dos colegas de equipa e da bola) (Gréhaigne,

Bouthier, & David, 1997). Para além disso, os investigadores sugerem a existência, ainda que indiretamente, de uma outra característica importante aliada a estes conceitos (i.e. dinâmico e complexo): a degenerescência (Davids et al., 2015; Seifert et al., 2013). Esta característica indica que as equipas dispõem de uma variedade de soluções para atingir o mesmo resultado (por exemplo, pontuar ou marcar golo). A partir desta perspetiva, a degenerescência inerente ao sistema (i.e. equipa) permite que os jogadores explorem diferentes soluções percetivo-motoras tornando o sistema adaptável (Seifert et al., 2013) e, conseqüentemente, mais funcional uma vez que garante o desempenho de determinada função.

Considerando a estrutura caótica e a complexidade intrínseca aos sistemas não lineares (i.e. equipas e/ou atletas), os respetivos requerem para o seu estudo o uso de equações e ferramentas mais complexas que traduzam e meçam apropriadamente a imprevisibilidade (i.e. variabilidade) do sistema. Embora não haja um consenso geral de que as medidas de sistemas lineares (i.e. média, desvio padrão e coeficiente de variação) permitam quantificar a magnitude das variações presentes numa série temporal (por exemplo, o centro de oscilações de pressão ou flutuações da marcha), os investigadores sugerem que as medidas de análise para sistemas não lineares (ex.: approximate entropy (ApEn), sample entropy (SampEn), dimensão de correlação, o maior expoente de Lyapunov e análise de flutuação retificada) parecem quantificar a estrutura ou organização das variações presentes numa série de tempo (Stergiou & Decker, 2011).

Particularmente no que concerne aos JDC tais avanços a este nível de conhecimento apenas têm sido possíveis precisamente através do recurso a procedimentos metodológicos não lineares, muitos dos quais com recurso a medidas de entropia. Por exemplo, Silva et al. (2014a) utilizou a medida de entropia de Shannon para perceber a profundidade do comportamento tático dos jogadores em situações de jogos de futebol reduzidos e condicionados (i.e. small-sided and conditioned games). Os seus resultados mostraram que a dimensão do campo e o nível de perícia dos jogadores tiveram influência no seu posicionamento em campo durante o jogo. Assim, as zonas de acção

tornaram-se mais restritas e, por isso, mais previsíveis (i.e. valores de entropia mais baixos) quando a área de jogo aumentou, sugerindo que o jogo é mais estruturado em áreas de jogo maiores. Destacam-se, também, os estudos nas modalidades de basquetebol (Araújo et al., 2004; Esteves et al., 2015) e futebol/futsal (Vilar, Araújo, Davids, & Bar-Yam, 2013; Vilar, Santos, Araújo, & Davids, 2011), os quais procuraram compreender de que modo as interações espaciais e temporais interpessoais interferiram no desempenho da equipa. Por exemplo, os resultados de um estudo realizado na modalidade de futsal mostraram que a díade atacante-defesa é constrangida pela distância e ângulos entre ambos (Vilar, Araújo, Davids, & Button, 2012). Isto é, para alcançar o objetivo do jogo (i.e. marcar golo) os atacantes devem criar instabilidade (i.e. maior variabilidade ou imprevisibilidade) nesta díade de forma a conseguir espaços e oportunidades de remate (Vilar et al., 2012). Um outro estudo na modalidade de basquetebol mostrou que a capacidade dos atacantes para conseguirem uma superioridade numérica até ao cesto, através é possível através de uma correta ocupação de espaços, e revela-se como uma importante estratégia para pontuar (Esteves et al., 2015). Neste sentido, a investigação tem demonstrado que, independentemente do jogo desportivo coletivo, na fase ofensiva do jogo os jogadores tentam criar situações de instabilidade (i.e. maior variabilidade) na defesa adversária através de uma correta manipulação dos tempos e espaços de ataque, enquanto na fase defensiva procuram manter a simetria do seu próprio sistema (Davids et al., 2003). Deste modo, a tendência destas novas investigações que recorrem, por exemplo, a medidas de entropia nos seus procedimentos metodológicos tem permitido enaltecer a importância da variabilidade por um lado, e da coordenação e simetria por outro, sugerindo que os atletas respondem através de processos de auto-organização aos constrangimentos específicos como o local dos seus adversários, a bola e o objetivo do jogo (Richardson, Marsh, & Baron, 2007).

A aplicação tanto dos conceitos da TSD, como dos métodos que a acompanham (i.e. métodos não lineares) são observadas maioritariamente em contexto de treino (Esteves et al., 2015; Gonçalves et al., 2016; Silva et al.,

2015; Travassos, Duarte, Vilar, Davids, & Araújo, 2012), e, com menor expressão, em contexto competitivo (Duarte et al., 2012). A este nível, a AJ surge como uma ferramenta para compreender o contexto tático da ação (Williams & Ward, 2003), pois permite a compreensão dos constrangimentos de jogo ao mesmo tempo que respeita a dinâmica e complexidade do cenário. A importância da análise em contexto real de competição é ressalvada pelo facto de o jogador estar sujeito a imagens reais, dinâmicas e representativas, a pressão inerente à competição estar presente, as ações terem um carácter contínuo, a motivação ser inata, as emoções, a ansiedade e a fadiga surgirem naturalmente e o atleta estar recetivo à informação cinestésica, visual e auditiva (Afonso, Mesquita, Marcelino, & Silva, 2010). Neste sentido, torna-se óbvia a necessidade da análise dos comportamentos individuais e coletivos dos atletas em contexto real de competição. O estudo mais recente que investiga as mudanças dos comportamentos táticos coletivos durante o desempenho competitivo insere-se na modalidade de futebol (Duarte et al., 2012) e sugere que os principais eventos da competição (i.e. marcar golo, paragens de jogo) parecem influenciar o aparecimento de novos padrões de comportamento coletivo. Isto é, as equipas parecem adquirir um comportamento mais previsível (i.e. menores níveis de variabilidade) mas com o aumento da variação (i.e. aumento dos valores do coeficiente de variação) na sua forma organizacional durante o decorrer natural jogo. Em termos práticos os resultados deste estudo revelam que as equipas adotam uma determinada estrutura ao longo do jogo, o que faz com que se tornem mais previsíveis (i.e. menos variáveis), mas, ao mesmo tempo, os níveis de variação dentro dessa estrutura aumentam permitindo que esta se adapte mantendo as suas funcionalidades.

Particularmente no que concerne à modalidade de voleibol, são escassos os estudos no âmbito da AJ ou da AP que contemplem a perspetiva ecológica do jogo, em geral, e a análise da variabilidade, em particular. Recentemente, o estudo de Ramos, Coutinho, Silva, Davids, e Mesquita (*under review*) procura precisamente responder a esta lacuna ao analisar a variabilidade dos indicadores táticos de performance (i.e. condições de distribuição, zona e tempo de ataque, oposição de bloco) de equipas de nível

de rendimento distinto, e perceber que de forma o tipo de set (i.e. de carácter decisivo ou não-decisivo) e o período do set (i.e. período inicial e final) influenciam os respetivos indicadores. Através de medidas de entropia de Shannon, os resultados indicaram que a imprevisibilidade (i.e. maior variabilidade) do ataque é um fator-chave que apenas pode ser conseguido através da estabilidade (i.e. menor variabilidade) noutras ações de jogo (i.e. condições excelentes de distribuição). Este estudo também destacou um comportamento tático mais variável e, por isso, mais adaptável, das equipas de elite sobretudo em momentos críticos do jogo (i.e. set decisivo e período final do set). Apesar da importância deste estudo, há ainda um longo caminho a percorrer ao nível da investigação e aplicação destas recentes correntes teóricas. Este avanço teórico e, sobretudo metodológico, irá certamente permitir um conhecimento aprofundado e renovado acerca da dinâmica, complexidade e imprevisibilidade inerentes ao jogo, ao mesmo tempo que oferece uma melhor compreensão do comportamento tático dos jogadores e equipas de voleibol, o que obviamente acarreta implicações extremamente relevantes para a prática.

Considerações Finais

O ensaio teórico que se apresenta pretendeu revisitar e discorrer sobre os conceitos inerentes à TSD e o recurso a métodos não lineares enquanto tendências evolutivas na investigação da AJ e AP no desporto. Esta breve pesquisa permitiu concluir que existe uma necessidade crescente de perspetivarmos a investigação na área da AJ e AP segundo a TSD, particularmente considerando o conceito de variabilidade e as ferramentas não lineares que a acompanham. Mais se acrescenta a necessidade de considerar a aplicação destes estudos em contexto real de competição de modo a compreender o contexto tático da ação. Particularmente no que concerne ao estudo da modalidade de voleibol, pese embora a importância e o número elevado de publicações que caracterizam o respetivo jogo, urge a necessidade de considerar esta nova abordagem teórica na sua observação, estudo e

interpretação. Tal avanço irá conceder um conhecimento aprofundado e renovado acerca da dinâmica, complexidade, imprevisibilidade e variabilidade intrínsecas ao jogo, possibilitando uma interpretação fidedigna acerca do comportamento tático dos jogadores e equipas.

Referências Bibliográficas

Afonso, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Silva, J. A. (2010). Analysis of the setter's tactical action in high-performance women's volleyball. *Kinesiology*, 42(1), 82-89.

Araújo, D., Davids, K., Bennett, S., Button, C., & Chapman, G. (2004). Skill acquisition in sport: Research, theory and practice. In A. M. Williams & N. J. Hodges (Eds.), *Emergence of Sport Skills under Constraints* (pp. 409-434). London: Taylor & Francis.

Araújo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). Dynamics of decision-making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653-676.

Araújo, D., Silva, P., & Davids, K. (2015). Capturing group tactical behaviours in expert teams players (pp. 209-220).

Bernstein, N. A. (1967). *The coordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press.

Bourbousson, J., Sève, C., & McGarry, T. (2010). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 1. Intra-and inter-couplings among player dyads. *Journal of Sports Science*, 28(3), 339-347.

Clark, J. (1992). The role of response mechanisms in motor skill development. In J. Kelso & J. Clark (Eds.), *The development of movement control and coordination* (pp. 151-173). Michigan: UMI - Out-of-Print Books on Demand.

Davids, K. (2015). Athletes and sports teams as complex adaptive system: A review of implications for learning design. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 39(11), 48-61.

Davids, K., & Araújo, D. (2010). Perception of affordances in multi-scale dynamics as alternative explanation for equivalence of analogical and inferential reasoning in animals and humans. *Theory and Psychology*, 20(1), 125-134.

Davids, K., Araújo, D., Seifert, L., & Orth, D. (2015). Expert performance in sport: An ecological dynamics perspective. In J. Baker & D. Farrow (Eds.), *Routledge Handbook of Sport Expertise* (pp. 273-303). London: Routledge.

Davids, K., Glazier, P., Araújo, D., & Bartlett, R. (2003). Movement systems as dynamical systems. The functional role of variability and its implications for sports medicine. *Sports Medicine*, 33(4), 245-260.

Decker, L., Cignetti, F., & Stergiou, N. (2010). Complexity and Human Gait. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(1), 2-12.

Duarte, R., Araujo, D., Folgado, H., Esteves, P., & Davids, K. (2013). Capturing complex, non-linear team behaviours during competitive football performance. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26, 62-72.

Duarte, R., Araújo, D., Folgado, H., Esteves, P., Marques, P., & Davids, K. (2012). Capturing complex, non-linear team behaviours during competitive football performance. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26, 62-72.

Esteves, P. T., Silva, P., Vilar, L., Travassos, B., Duarte, R., Arede, J., & Sampaio, J. (2015). Space occupation near the basket shapes collective behaviours in youth basketball. *Journal of Sports Science*.

Gonçalves, B., Marcelino, R., Torres-Ronda, L., Torrents, C., & Sampaio, J. (2016). Effects of emphasising opposition and cooperation on collective movement behaviour during football small-sided games. *Journal of Sports Science*.

Gréhaigne, J.-F., Bouthier, D., & David, B. (1997). Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 15(2), 137-149.

Hamill, J., van Emmerik, R. E., Heiderscheit, B. C., & Li, L. (1999). A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. *Clinical Biomechanics*, 14, 297-308.

Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice. *Physical Therapy*, 89(3), 267-282.

Hausdorff, J. M., Purdon, P. L., Peng, C. K., Ladin, Z., Wei, J. Y., & Goldberger, A. L. (1996). Fractal dynamics of human gait: Stability of long-range correlations in stride interval fluctuations. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1448-1457.

Kamm, K., Thelen, E., & Jensen, J. L. (1990). A dynamical systems approach to motor development. *Physical Therapy*, 70, 763-775.

Latash, M. L., Scholz, J. P., & Schöner, G. (2002). Motor Control Strategies Revealed in the Structure of Motor Variability. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 30(1), 26-31.

MacLeod, H., Morris, J., Nevill, A., & Sunderland, C. (2009). The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *Journal of Sports Science*, 27(2), 121-128.

Newell, K., & Vaillancourt, D. (2001). Dimensional change in motor learning. *Human Movement Science*, 20(4-5), 695-715.

Ramos, A., Coutinho, P., Silva, P., Davids, K., & Mesquita, I. How players exploit variability and regularity of game actions in female volleyball teams. *European Journal of Sport Science*.

Rein, R., Davids, K., & Button, C. (2009). Adaptive and phase transition behavior in performance of discrete multi-articular actions by degenerate neurobiological systems. *Experimental Brain Research*, 201(2), 307-322.

Richardson, M., Marsh, K., & Baron, R. (2007). Judging and actualizing intrapersonal and interpersonal affordances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(4), 845-859.

Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2002). Variability and determinism in motor behavior. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 99-125.

Schmidt, R. A. (2003). Motor schema theory after 27 years: Reflections and implications for a new theory. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74, 336-375.

Seifert, L., Button, C., & Davids, K. (2013). Key properties of expert movement systems in sport : an ecological dynamics perspective. *Sports Medicine*, 43(3), 167-178.

Silva, P., Aguiar, P., Duarte, R., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2014a). Effects of Pitch Size and Skill Level on Tactical Behaviours of Association Football Players During Small-Sided and Conditioned Games. *International Journal of Sport Science & Coaching*, 9(5), 992-1006.

Silva, P., Duarte, R., Sampaio, J., Aguiar, P., Davids, K., Araujo, D., & Garganta, J. (2014). Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours in small-sided and conditioned games in football. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1888-1896.

Silva, P., Esteves, P., Correia, V., Davids, K., Araujo, D., & Garganta, J. (2015). Effects of manipulations of player numbers vs. field dimensions on inter-individual coordination during small-sided games in youth football. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15, 641-659.

Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Human Movement Science*, 30, 869-888.

Stergiou, N., Harbourne, R. T., & Cavanaugh, J. T. (2006). Optimal Movement Variability: A New Theoretical Perspective for Neurologic Physical Therapy. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 30(3), 120-129.

Thelen, E. (1992). Development as a dynamical system. *Current Directions in Psychological Science*, 1(6), 189-193.

Travassos, B., Duarte, R., Vilar, L., Davids, K., & Araújo, D. (2012). Practice task design in team sports: Representativeness enhanced by increasing opportunities for action. *Journal of Sports Sciences*, 30(13), 1447-1454.

Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Bar-Yam, Y. (2013). Science of winning soccer: Emergent pattern-forming dynamics in association football. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 73-84.

Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*, 42(1), 1-10.

Vilar, L., Santos, L., Araújo, D., & Davids, K. (2011). Goalkeepers' positioning can reduce the uncertain of penalty shot direction in association football. *British Journal of Sports Medicine*, 45(15), A12-A13.

Williams, A. M., & Ward, P. (2003). Perceptual expertise. *Development in Sport*. In J. Starkes & K. A. Ericsson (Eds.), *Expert Performance in Sports. Advances in Research on Sport Expertise* (pp. 219-249). Champaign (Illinois): Human Kinetics.

III. ESTUDO EMPÍRICO

How players exploit variability and regularity of game actions in female volleyball teams

Ramos, A.¹, Coutinho, P.¹, Silva, P.², Davids, K.³ & Mesquita, I.¹

¹ CIFI2D, Faculty of Sport, University of Porto, Porto, Portugal

² FC Zenit, St. Petersburg, Russia

³ Centre for Sports Engineering Research, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK

Artigo em estado de revisão (under review) no European Journal of Sports Science

Abstract

Variability analysis has been used to understand how competitive constraints shape different behaviours in team sports. In this study we analysed and compared variability of tactical performance indices in players within complex I at two different competitive levels in volleyball. We also examined whether variability was influenced by set type and period. Eight matches from the 2012 Olympics competition and from the Portuguese national league in the 2014-2015 season were analysed (1496 rallies). Variability of setting conditions, attack zone, attack tempo and block opposition was assessed using Shannon entropy measures. Magnitude-based inferences were used to analyse the practical significance of compared values of selected variables. Results showed differences between elite and national teams for all variables, which were co-adapted to the competitive constraints of set type and set periods. Elite teams exploited system stability in setting conditions and block opposition, but greater unpredictability in zone and tempo of attack. These findings suggest that uncertainty in attacking actions was a key factor that could only be achieved with greater performance stability in other game actions. Data suggested how coaches could help setters develop the capacity to play at faster tempos, diversifying attack zones, especially at critical moments in competition.

Keywords: *performance, game analysis, team sport, dynamical systems*

Introduction

Team sports have been considered as dynamical and complex systems that are degenerate (defined as the same performance outcomes being achieved in different ways) in character signifying that a competitive environment affords a manifold of solutions to achieve the same performance outcomes (Davids, Araújo, Seifert, & Orth, 2015; Seifert, Button, & Davids, 2013). From this perspective, inherent neurobiological system degeneracy facilitates the capacity of performers to explore and exploit different perceptual-motor solutions in sport performance environments (Seifert et al., 2013). This

intrinsic complexity implies that observing the subtle balance between system variability and stability of actions is essential to understand how competitive dynamical constraints may be satisfied by performers to achieve different performance outcomes in team sports (Davids & Araújo, 2005; Hamill, Haddad, & McDermott, 2000; Oullier, Marin, Stoffregen, Boostma, & Bardy, 2006; Rhea et al., 2011). According to dynamical systems theory, adaptive variability has form and can be characterized by a highly complex and chaotic structure (Harbourne & Stergiou, 2009). A decrease or loss in adaptive variability will make a system more rigid, and increases will create more noisy and unstable behaviours (Stergiou & Decker, 2011; Stergiou, Harbourne, & Cavanaugh, 2006).

Research in individual and team sports has investigated variability in order to understand team performance under specific performance constraints. For instance, Silva et al. (2014a) used measures of Shannon entropy to reveal the depth of tactical roles of players in small-sided games played on fields differing in dimension. Further evidence in studies of both inherent and functional variability, some of them using entropy measures, has emerged from investigations in long jumping, triple jumping, table tennis (Davids, Savelsbergh, & Bennett, 2002), basketball (Araújo, Davids, Bennett, Button, & Chapman, 2004), boxing (Hristovski, Davids, & Araújo, 2006) and association football (Vilar, Araújo, Davids, & Bar-Yam, 2013; Vilar, Santos, Araújo, & Davids, 2011). For example, Duarte et al. (2012) investigated changes in complexity of collective behaviours in professional football teams during competitive performance and found that key events (goals scored and game breaks) seemed to influence emergence of patterns in collective performance.

In the team sport of volleyball, there is a general consensus on the importance of promoting adaptive variability in some game actions to avoid predictability and to help performers to exploit different performance solutions when competitive conditions change (Martins, 2013; Silva et al., 2015; Smith, Henning, Wade, & Fisher, 2015; Van Emmerik, 2007). The first point of ball contact in performance (service-reception or defence) is usually directed to one specific zone, and only in the second contact (setting) can the setter introduce

variability in the offensive phase, through manipulation of attack zones and tempos. This is particularly observed in complex I that comprises the actions of reception, setting and attacking (Martín & Santandreu, 2009; Mesquita, Paolo, Marcelino, & Afonso, 2012). In this complex, the setter has more time to prepare several types of offensive combinations compared to the other game complexes (i.e. related to defense and counter-attack) (Castro, Souza, & Mesquita, 2011). For that reason, complex I afford players opportunities to enhance variability of a team's tactical behaviours.

As previously reported, functional patterns of coordinated behaviour emerge through performers' interactions with each other under specific task (contextual) constraints of a competitive environment (Afonso & Mesquita, 2011; Araújo, Silva, & Davids, 2015; Hristovski et al., 2006). In volleyball one of the most important contextual constraints identified is the set, which has been defined by Marcelino, Mesquita, and Sampaio (2010) as a 'micro-game' (i.e. important mini-game within a game). To successfully compete in a volleyball match teams need to win three sets, in other words, the three micro games that are relatively independent of each other. The effects of a set on performance have been studied according to its temporal sequence within a competitive game (i.e. initial, intermediate and final sets), along with effects of different moments within each set (initial period, intermediate period and final period) (Marcelino, Mesquita, Palao, & Sampaio, 2009; Marcelino et al., 2010). This is because the nature of each set can influence team tactical performance (Jorg & Wolfgang, 2007), psychologically (Males, Kerr, Thatcher, & Bellew, 2006) and physiologically (Sheppard, Gabbett, & Stanganelli, 2009).

An interesting issue concerns how volleyball teams adapt their tactical behaviours according to the contextual constraints provided by each set in competitive matches. In team games as complex adaptive systems, an increase in variability could facilitate emergence of more options, selection of functional strategies and flexibility to adapt to variations in competitive performance constraints. In line with these ideas, it is interesting to observe whether the emergence of functional variability could be delimited by the expertise level of a team. To the best of our knowledge, little is known about the role of adaptive

variability on the emergence of tactical performance behaviours in volleyball teams at different expertise levels.

Therefore, the aims of this study were twofold. First, we sought to analyse and compare the variability (here defined as an indicator of unpredictability and flexibility of tactical behaviours) observed in tactical performance within complex I (setting conditions, attack zone, attack tempo and also block opposition) of volleyball teams differing in expertise levels. Second, we sought to examine whether variability of these performance indicators may have been influenced by contextual constraints of each set (e.g., non-deciding and deciding sets in competition) and of set periods (i.e. initial and final periods in a set) within a competitive game. We hypothesised that, compared to less experienced (national level) performers, more experienced (elite level) volleyball players would display: (i) greater variability of actions in zones and tempos of attack; and (ii), greater regularity in the setting conditions and block opposition. In decisional set and also during final set periods, it was expected that such differences would be exacerbated between the two groups.

Methods

Participants

Eight matches from the 2012 Olympics women's volleyball competition and eight matches from the women's Portuguese 2014-2015 national league were analysed in this study. Two competitive levels were considered: an elite level (EL), which included the top eight ranked teams in the Olympic Games 2012 (Brazil, Russia, Japan, China, Korea, Italy, USA and Dominican Republic), and a national level (NL) group, including the top eight ranked teams in the Portuguese 2014-2015 national league. A total of 60 sets (30 sets in each group) and 1496 game sequences were analysed in both groups. Performance of elite level participants was analysed in all matches from the quarter-finals to the final of the 2012 Olympic Games competition. Performance of the national level participants was analysed for the last three games of the top four ranked

teams and the latest game of the four teams placed 5th to 8th in the league. The study protocol followed the guidelines stated in the Declaration of Helsinki and were approved by the ethics committee of the first author's institution.

Variables

In this study we analysed: *setting conditions*, *attack zone*, *attack tempo*, *block opposition*, *set type* and *set period*, because these variables are considered to characterise success in complex I performance (Afonso, Moraes, Mesquita, Marcelino, & Duarte, 2009b; Castro & Mesquita, 2010; Lobiatti, Cabrini, & Brunetti, 2009). *Setting conditions* concerned the place where the setter executed the setting action and was assessed by the number of attack options available: excellent conditions (EC), the setter had all attack options fully available (i.e. all players available to set to, in all attack zones, at all possible attack tempos); reasonable conditions (RC), the setter had fewer attack options that still afforded rapid attacks involving a middle-attacker, but which limited the type of attack combinations; weak conditions (WC) that only afforded setting high balls to the wings of the court (which is more predictable for the opposition defence). *The attack zone* corresponded to the zone where the hitter contacted the ball. These corresponded to the six formal zones of the volleyball game established by the FIVB. Four different attacking tempos were considered: tempo 0 (very fast, the attacker jumped before the set), tempo 1 (fast, the attacker jumped immediately after the set), tempo 2 (slow, the attacker took three-steps and jumped after the set) and tempo 3 (very slow, the attacker had time to wait after the set was made and then started a three-step approach to the jump position) (Afonso, Mesquita, Marcelino, & Silva, 2010). *The block opposition* corresponded to the number of blockers opposing the attack: no-block (0), single-person block (1), double-person block (2) and triple-person block (3). Concerning *set type*, the first two sets of each game were considered non-decisional sets (NDS) and the set that enabled a team to win the match as a decisional set (DS). Regarding the *set period*, we considered two periods of the set: initial set period (ISP) that corresponded to the game period until the first technical time-out, so 0 to 8 points; final set period (FSP) that comprised

the period after the second technical time-out and the end game, so usually between 17 to 25 points.

Variability in values of four dependent variables (setting conditions, attack zone, attack tempo and block opposition) was assessed by measuring the *entropy* of the eight teams at each level. Shannon entropy measures have been used as an important tool to evaluate the uncertainty of an informational variable (Shannon, 1948) and to quantify its complexity (Yentes et al., 2013). The higher the entropy value, the more uncertainty (or variability) is associated with an analysed variable. Entropy values near zero signify that a variable can be easily predicted. Thus, the entropy value of selected variables were interpreted as specifying higher or lower levels of spatial variability (or uncertainty) between the attacking zones and setting conditions and higher or lower levels of action variability (or uncertainty) in attack tempo and block opposition organisation.

Procedures

The analysed matches from the Olympic Games competition were obtained through DVD in high-definition (1080p) format. The Portuguese national league matches were video recorded under the same competitive conditions, with a static video camera positioned laterally to provide a side view of the court.

Reliability

Data reliability was measured through intra- and inter-observer testing procedures. The first researcher reviewed three games after a one-month period in order to prevent any learning effects. A second observer analysed three other different games within the same period. Intra-observer reliability presented Kappa values ranging from 0.814 to 1.000, while inter-observer reliability ranged from 0.900 to 1.000, in all cases fulfilling the minimum of 0.75 suggested previously (Fleiss, 2003).

Statistical analysis

Data on attack zone, setting conditions, attack tempo and block opposition were analysed for practical significance differences using magnitude-based inferences via pooled standard deviations. Effect sizes (standardized mean difference - SMD) with 90% confidence intervals were calculated (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). Threshold values for the effect sizes were >0.2 (small), >0.6 (moderate), and >1.2 (large) (Cohen, 1988). Probabilities were estimated to assess whether true effects obtained represented substantial changes in performance behaviours (Batterham & Hopkins, 2006). In this study, the smallest standardised change in each variable was considered to be 0.2 multiplied by the between-individual standard deviation value, based on Cohen's effect size principle (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2014). Quantitative probabilities of higher or lower differences were evaluated qualitatively as: $< 1\%$, almost certainly not; 1-5% very unlikely; 5-25%, unlikely; 25-75%, possible; 75-95%, likely; 95-99%, very likely; $> 99\%$, almost certain (Hopkins, 2002). If the probability of the effect being higher or lower than the smallest worthwhile difference was simultaneously $> 5\%$, the observed effect was deemed unclear. Otherwise, the effect was proposed as clear and reported as the magnitude of the observed value.

Results

We analysed 850 EL action sequences (588 in IS and 262 in the DS) and 646 NL action sequences (423 in IS and 223 in the DS). From the video recordings, we analysed 1011 rallies in NDS and 485 in DS. At the initial moment of the set, data were collected from 465 rallies (255 for EL and 210 for NL), and at the final moment of the set we analysed data from 483 rallies (284 for EL and 199 for NL). Table 1 show a descriptive analysis of setter position, attack zone, attack tempo and block opposition considering expertise levels, set type and set period.

Figure 1(a) illustrates the standardised mean differences between the two groups for entropy values of all variables. Results indicated that, in attack

zones, group differences were likely moderate, with the EL players displaying more spatial variability in attack (with changes of greater/similar/lower values of 91/0/9). Compared to participants in the EL group, the NL players revealed an almost certainly large effect (1/0/99), with more irregular actions in setting conditions and block opposition. Analysis of attack tempo revealed a likely small (82/0/18) effect, with the EL group displaying higher levels of unpredictability in type of attack used.

Figure 1(b) depicts the standardised mean differences between entropy values in the two groups, for all variables in different types of set. In the NDS, for setting conditions and attack tempo, differences in entropy values were very likely moderate (5/0/95 and 95/0/5, respectively). The EL players displayed less variability than NL players in setting conditions, with the inverse emerging in attack tempo. Also, construction of block opposition revealed a likely moderate effect size (2/0/98), with the NL participants displaying greater variability. The attack zone values demonstrated a likely small effect (85/1/4), with EL teams revealing greater unpredictability. In DS, between-group differences were possibly trivial (53/2/45) in the attack zone. Compared to the EL teams, the actions of the NL teams were almost certainly large (0/0/100) and more irregular in the setting conditions. Attack tempo and block opposition analyses revealed likely small (13/1/86) and very likely moderate (2/0/98) effect sizes, respectively. In both analyses the NL teams displayed greater irregularity in performance behaviours.

Figure 1(c) demonstrates the standardised mean differences of each group in all variables concerning the entropy values in distinct set periods. Regarding initial set periods, setting conditions and block opposition present almost certain and very likely large differences (1/0/99 and 97/2/1, respectively), with NL teams displaying more variability than EL teams for both variables. On the other hand, attack tempo showed a likely moderate effect size (88/1/11) with EL reflecting more uncertainty. A possible trivial difference (97/2/1) could be observed in attack zone. Towards the final set periods, attack zone and setting conditions denoted a very likely moderate effect size (95/1/4 and 2/0/98, respectively), with EL players revealing more variability in the attack zone and

less variability in the setting zone compared to NL players. Moreover, we observed a likely small effect size for attack tempo and block opposition (81/2/17 and 65/3/32, respectively). In both cases the EL teams presented greater unpredictability than NL teams.

Discussion

This study sought to compare the variability of complex tactical performance indicators in female volleyball teams at two distinct competitive levels (elite and national). We also sought to examine whether variability of performance indicators was influenced by contextual constraints like set type (i.e. non-decisional sets and decisional set) and set period (i.e. initial set periods and final set periods). Overall, results revealed differences between EL and NL teams in all key performance variables (i.e. setting conditions, attack zone, attack tempo and block opposition), which were more marked when set type and set periods were also taken into account.

The novelty of our study is based on analysis of entropy values, which provided important information on the uncertainty and variability of tactical behaviours that emerged under different competitive constraints (Vilar et al., 2013; Vilar et al., 2011). Measures of variability are important since they provide a window into how expertise shapes performance in team sports, highlighting central features of skilled and less skilled behaviours (see Silva, Garganta, Araújo, Davids, and Aguiar (2013) and Silva et al. (2014) for examples in association football). As expected, results showed that EL teams displayed higher levels of variability in attack actions making it difficult for opposition blocks to anticipate outcomes. They also showed greater variability in zones and tempos of attack. On the other hand, EL teams were less variable in excellent setting conditions (i.e. high frequency of all hitters available) and in block opposition (i.e. double block being the most frequent). Such findings suggest that a high stability (i.e. lower variability) in setting conditions can elicit greater manipulation of space and tempo in organising attacks, which, in turn, limits opposition defensive organization.

Table 1. Descriptive analysis of all variables, considering the groups, type and set periods.

		Non-Decisional Sets				Decisional Sets				Initial Set Periods				Final Set Periods			
Variables	Groups	Counts (%)		SMD	LCL	UCL	Counts (%)		SMD	LCL	UCL	Counts (%)		SMD	LCL	UCL	
		EL	NL				EL	NL				EL	NL				
Setting Conditions				-0.84	-1.66	-0.02			-1.54	-2.36	-0.71			-1.34	-2.16	-0.52	
<i>Excellent Conditions</i>		79	64	<u>Moderate</u>			79	62↓	<u>Large</u>			78	63	<u>Large</u>		80↑ 64↑ <u>Moderate</u>	
							=										
<i>Reasonable Conditions</i>		17	28				16↓	30↑				19	30			16↓ 25↓	
<i>Weak Conditions</i>		4	8				5 ↑	8 =				3	7			4 ↑ 11↑	
Attack zone				0.50	-0.31	1.33			0.05	-0.78	0.87			-0.11	-0.93	0.71	
	<i>Zone 1</i>	3	2	<u>Small</u>			3 =	3↑	<u>Trivial</u>			1	1	<u>Trivial</u>		6 ↑ 2 ↑ <u>Moderate</u>	
	<i>Zone 2</i>	26	25				23↓	30↑				25	26			23↓ 24↓	
	<i>Zone 3</i>	18	22				20↑	17↓				20	21			20 20↓	
																=	
	<i>Zone 4</i>	45	45				46↑	46↑				46	45			43↓ 52↑	
	<i>Zone 6</i>	8	6				8 =	4↓				8	7			8 = 2 ↓	
Attack tempo				0.84	0.01	1.66			-0.54	-1.36	0.28			0.60	-0.22	1.42	
	<i>0 – Very fast</i>	18	16	<u>Moderate</u>			17↓	15↓	<u>Small</u>			18	15	<u>Moderate</u>		16↓ 17↑ <u>Small</u>	
	<i>1 – Fast</i>	34	30				36↑	34↑				34	31			37↑ 27↓	
	<i>2 – Slow</i>	34	37				33↓	32↓				34	38			34 35↓	
																=	
	<i>3 – Very slow</i>	14	17				14	14↓				14	16			13↓ 21↑	
							=										
Block Opposition				-1.06	-1.88	-0.23			-1.05	-1.87	-0.23			-1.05	-1.87	-0.22	
	<i>0 – No-block</i>	1	5	<u>Moderate</u>			0 ↓	5 =	<u>Moderate</u>			0	4	<u>Large</u>		1 ↑ 4 = <u>Small</u>	
	<i>1 – Single block</i>	22	23				25↑	26↑				24	28			22↓ 24↓	
	<i>2 – Double block</i>	75	71				74↓	68↓				75	67			74↓ 72↑	
	<i>3 – Triple block</i>	2	1				0 ↓	0 ↓				1	1			3 ↑ 0 ↓	

Note: EL= elite level; NL = national level; SMD = Standardised Mean Difference (elite – national level); LCL = lower confidence limits; UCL = upper confidence limits; ↑ = increase; ↓ = decrease; = equal;

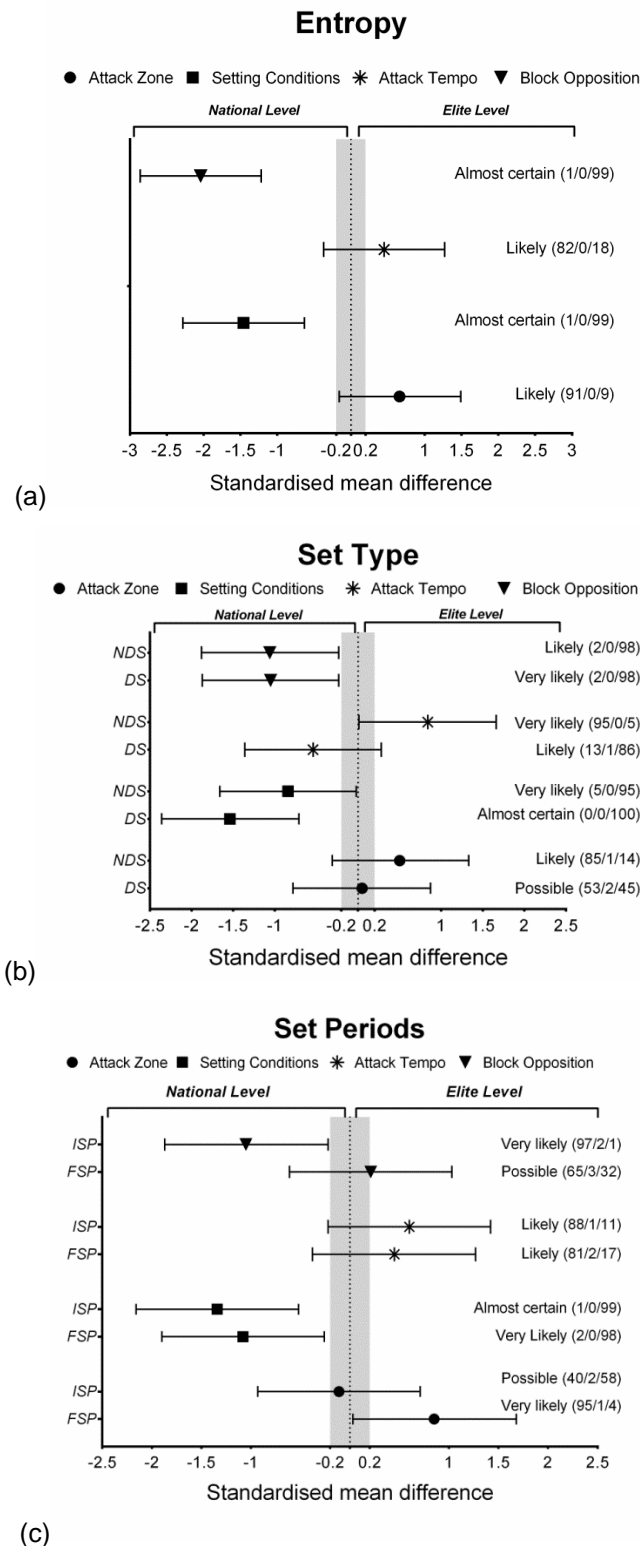


Figure 1. Standardised mean differences between the two groups for entropy values of all variables (a), according to type of set (b) and set periods (c). *Error bars* indicate the uncertainty in the true mean changes with 90% confidence limits. NDS = non-decisional set; DS = decisional set; ISP = initial set periods; FSP = final set periods

Therefore, we can safely speculate that the greater variability demonstrated by NL teams in such behaviours (i.e. setting conditions and block opposition) was mainly non-functional variability. Notwithstanding, excellent setting conditions were the most frequently observed at both expertise levels suggesting that one of the biggest differences between EL and NL teams is the higher skills of EL setters and a more refined level of team collective organization. In other words, the performance behaviours of elite setters were predicated on coherent, collective decision-making. These findings strongly support the key ideas of a dynamical systems orientation for understanding team sport performance since it highlights the continuous and dynamic interactions between a range of performance variables, which emerge under the ecological constraints of competitive performance (Davids et al., 2015; McGarry, Anderson, Wallace, Hughes, & Franks, 2002).

In decisional sets (i.e. sets that determine match outcomes) EL teams presented less variability in excellent setting conditions. In attack zones, both groups decreased attack variability (i.e. tempo and zone of attack) with a more marked tendency emerging in the EL group. This could be explained by the predominance of attacks performed by EL players in zone 3 and also the use of a faster attack tempo. Zone 3 is the frontal central zone of the court where a setter can regulate offensive organization, spatially and temporally manipulating attacks (Afonso, Mesquita, Marcelino, & Coutinho, 2009; Castro & Mesquita, 2010). Therefore, attacking through zone 3 might have increased a team's scoring opportunities since it limits opposition defensive organization (Castro et al., 2011; Mesquita & César, 2007). Final set periods can be considered critical moments that differentiate team expertise levels. Within this period, EL teams showed less variability in creating excellent setting conditions in the attack zone compared to NL teams. The EL teams opted to temporally vary their attacks, but not the zones. These data suggest that EL setters sought the best hitter for an attack or opted for their best set (playing conservatively inside their 'comfort zone') in critical situations. They decreased variability and became a little more stable, but also allowed a key variable to vary: using more rapid attacks. This interpretation of our observations supports data previously reported by Mesquita

and Graça (2002) who suggested that a setter's decision making involves the integration of a variety of information that generates different strategic options. This finding is also in agreement with the results of a study by Marcelino, Sampaio, and Mesquita (2012) who demonstrated that volleyball matches present different tactical profiles depending on the game period.

Conclusion

A dynamical systems interpretation of tactical performance behaviours in volleyball teams was supported by our performance analysis. Unpredictability in attacking actions was shown to be a key factor that could only be achieved with greater performance stability, afforded by lower levels of variability in some game actions (e.g., creation of excellent setting conditions). Findings of this study also highlighted how variability in sports teams, considered as complex adaptive systems, is expressed differently in tactical behaviours at different expertise levels. Data revealed how EL teams displayed better resources to exploit adaptive and functional system variability during critical moments of a competition (i.e. in a decisional set and during the final set periods).

Results reported here may guide coaches to exploit processes of co-adaptation in teams as complex adaptive systems by manipulating competitive constraints during training sessions. For instance, this could be achieved by manipulating scenarios based on match scores during practice to increase pressure on a setter, affording them valuable experience to prepare teams and tactical plans, according to predicted opposition behaviours during a match. In line with this, it is important that coaches work strategically with NL setters in order to improve their tactical behaviours at critical moments in competition. Last, it is suggested that coaches should develop co-adaptive behaviours in setters by helping them acquire the capacity to play at more rapid tempos and to diversify zones of attack.

References

- Afonso, J., & Mesquita, I. (2011). Determinants of block cohesiveness and attack efficacy in high-level women's volleyball. *European Journal of Sport Science*, 11(1), 69-75.
- Afonso, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Coutinho, P. (2009). The effect of the zone and tempo of attack in the block opposition, in elite female volleyball. In A. Hökelmann, K. Witte & P. O'Donoghue (Eds.), *Current trends in performance analysis. World Congress of Performance Analysis of Sport VIII* (pp. 87-90). Aachen: Shaker Verlag.
- Afonso, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Silva, J. A. (2010). Analysis of the setter's tactical action in high-performance women's volleyball. *Kinesiology*, 42(1), 82-89.
- Afonso, J., Moraes, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Duarte, T. (2009b). Relationship between reception effect, attack type and attack tempo with performance level in high-level men's volleyball. *Journal of Sports Sciences*, 27(4), S128.
- Araújo, D., Davids, K., Bennett, S., Button, C., & Chapman, G. (2004). Skill acquisition in sport: Research, theory and practice. In A. M. Williams & N. J. Hodges (Eds.), *Emergence of Sport Skills under Constraints* (pp. 409-434). London: Taylor & Francis.
- Araújo, D., Silva, P., & Davids, K. (2015). Capturing group tactical behaviours in expert teams players (pp. 209-220).
- Batterham, A., & Hopkins, W. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(1), 50-57.
- Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(13), 1271-1278.
- Castro, J., & Mesquita, I. (2010). Analysis of the attack tempo determinants in volleyball's complex II - a study on elite male teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(3), 197-206.

- Castro, J., Souza, A., & Mesquita, I. (2011). Attack efficacy in volleyball: elite male teams. *Perceptual and Motor Skills*, 113(2), 395-408.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (L. E. Associates. Ed.). Hillsdale.
- Davids, K., & Araújo, D. (2005). A abordagem baseada nos constrangimentos para o treino desportivo. In D. Araújo (Ed.), *O Contexto da Decisão. A Ação Tática no Desporto* (pp. 35-60). Lisboa: Visão e Contextos.
- Davids, K., Araújo, D., Seifert, L., & Orth, D. (2015). Expert performance in sport: An ecological dynamics perspective. In J. Baker & D. Farrow (Eds.), *Routledge Handbook of Sport Expertise* (pp. 273-303). London: Routledge.
- Davids, K., Savelsbergh, G., & Bennett, S. (2002). Interceptive convergence. In G. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in actions in sport: information and movement*. London: Routledge.
- Duarte, R., Araújo, D., Folgado, H., Esteves, P., Marques, P., & Davids, K. (2012). Capturing complex, non-linear team behaviours during competitive football performance. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26, 62-72.
- Fleiss, J. L. (2003). *Statistical methods for rates and proportions* (3 ed.): Wiley-Interscience.
- Hamill, J., Haddad, J., & McDermott, W. (2000). Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(4), 407-4185.
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice. *Physical Therapy*, 89(3), 267-282.
- Hopkins, W. (2002). Probabilities of clinical or practical significance. *Sportscience*, 6. Retrieved from sportsci.org/jour/0201/Statistical_vs_clinical.ppt website:
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, 3-13.

- Hristovski, R., Davids, K., & Araújo, D. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653-676.
- Jorg, J., & Wolfgang, S. (2007). Situation-orientated recognition of tactical patterns in volleyball. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1345-1353.
- Lobiatti, R., Cabrini, P., & Brunetti, M. (2009). The side-out complex in volleyball: the effect of reception and attack performance with the final score. In A. Hökelmann, K. Witte & P. O'Donoghue (Eds.), *Current trends in performance analysis. World Congress of Performance Analysis of Sport VIII* (pp. 91-95). Aachen: Shaker Verlag.
- Males, J., Kerr, J., Thatcher, J., & Bellew, E. (2006). Team process and players' psychological responses to failure in National Volleyball Team. *Sport Psychologist*, 20, 275-294.
- Marcelino, R., Mesquita, I., Palao, J. M., & Sampaio, J. (2009). Home advantage in high-level volleyball varies according to set number. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(3), 352-356.
- Marcelino, R., Mesquita, I., & Sampaio, J. (2010). Efficacy of the volleyball game actions related to the quality of opposition. *The Open Sports Sciences Journal*, 3, 34-35.
- Marcelino, R., Sampaio, J., & Mesquita, I. (2012). Attack and serve performances according to the match period and quality of opposition in elite volleyball matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3385-3391.
- Martín, J. J. M., & Santandreu, C. S. (2009). Los complexos estratégicos. In J. J. M. Martín & C. S. Santandreu (Eds.), *Voleibol Táctico*. Badalona: Editorial Paidotribo.
- Martins, M. (2013). *O processo de treino em Voleibol de alto nível - relatório de atividade de treinador da equipa sénior do Leixões Sport Club*. Universidade do Porto: Faculdade de Desporto.
- McGarry, T., Anderson, D., Wallace, S., Hughes, M., & Franks, I. (2002). Sport competition as a dynamical self-organizing system. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 771-781.

- Mesquita, I., & César, B. (2007). Characterisation of the opposite player's attack from the opposition block characteristics. An applied study in the Athens Olympic games in female volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(2), 13-27.
- Mesquita, I., & Graça, A. (2002). Probing the strategic knowledge of an elite volleyball setter: a case study. *International Journal of Volleyball Research*, 5(1), 13-16.
- Mesquita, I., Paolo, J., Marcelino, R., & Afonso, J. (2012). Perform analysis in indoor volleyball and beach volleyball. In T. McGarry, P. O'Donoghue & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 367-379). London: Routledge.
- Oullier, O., Marin, L., Stoffregen, T., Boostma, R., & Bardy, B. (2006). Variability in postural coordination dynamics. In K. Davids, S. Bennett & K. Newell (Eds.), *Movement system variability* (pp. 25-47). Champaign: Human kinetics.
- Rhea, C. K., Silver, T. A., Hong, S. L., Ryu, J. H., Studenka, B. E., Hughes, C. M. L., & Haddad, J. M. (2011). Noise and complexity in human postural control: Interpreting the different estimations of entropy. *PLoS ONE*, 6(3).
- Seifert, L., Button, C., & Davids, K. (2013). Key properties of expert movement systems in sport : an ecological dynamics perspective. *Sports Medicine*, 43(3), 167-178.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Sheppard, J., Gabbett, T., & Stanganelli, L.-C. (2009). An analysis of playing positions in elite men's volleyball: considerations for competition demands and physiologic qualities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1858-1866.
- Silva, P., Aguiar, P., Duarte, R., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2014a). Effects of Pitch Size and Skill Level on Tactical Behaviours of Association Football Players During Small-Sided and Conditioned Games. *International Journal of Sport Science & Coaching*, 9(5), 992-1006.

- Silva, P., Duarte, R., Sampaio, J., Aguiar, P., Davids, K., Araujo, D., & Garganta, J. (2014). Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours in small-sided and conditioned games in football. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1888-1896.
- Silva, P., Esteves, P., Correia, V., Davids, K., Araujo, D., & Garganta, J. (2015). Effects of manipulations of player numbers vs. field dimensions on inter-individual coordination during small-sided games in youth football. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15, 641-659.
- Silva, P., Garganta, J., Araújo, D., Davids, K., & Aguiar, P. (2013). Shared Knowledge or Shared Affordances? Insights from an Ecological Dynamics Approach to Team Coordination in Sports. *Sports Medicine*, 3, 765-772.
- Smith, T. J., Henning, R. A., Wade, M. G., & Fisher, T. (2015). *Variability in Human Performance*.
- Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Human Movement Science*, 30, 869-888.
- Stergiou, N., Harbourne, R. T., & Cavanaugh, J. T. (2006). Optimal Movement Variability: A New Theoretical Perspective for Neurologic Physical Therapy. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 30(3), 120-129.
- Van Emmerik, R. (2007). Functional role of variability in movement coordination and disability. In W. Davis & G. Broadhead (Eds.), *Ecological Task Analysis and Movement* (pp. 25-52). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Bar-Yam, Y. (2013). Science of winning soccer: Emergent pattern-forming dynamics in association football. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 73-84.
- Vilar, L., Santos, L., Araújo, D., & Davids, K. (2011). Goalkeepers' positioning can reduce the uncertain of penalty shot direction in association football. *British Journal of Sports Medicine*, 45(15), A12-A13.
- Yentes, J., Hunt, N., Schnid, K., Kaipust, J., McGrath, D., & Stergiou, N. (2013). The appropriate use of approximate entropy and sample entropy with short data sets. *Annals of Biomedical Engineering*, 41(2), 349-365.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação surge do interesse pela AJ e da AP, particularmente ao que à modalidade de voleibol respeita. A curiosidade em aplicar novas teorias, conceitos e métodos que permitam traduzir e interpretar de forma mais fidedigna o desempenho e os comportamentos dos atletas e equipas surge como ponto de partida fundamental. Assim, os principais propósitos desta dissertação assentam na descrição das linhas de investigação segundo a qual a AJ tem sido submetida, bem como na apresentação da importância da aplicação de novas correntes de investigação (i.e. TSD) na AJ no voleibol. É, ainda, apresentada a importância da variabilidade de diferentes indicadores táticos de desempenho em contexto competitivo, bem como a influência que diferentes constrangimentos podem exercer na variabilidade dos comportamentos das equipas.

A principal fundamentação deste propósito surge do facto de na modalidade de voleibol serem ainda escassos os estudos que contemplem uma abordagem do jogo baseada nos conceitos e métodos da TSD. Para além disso, mesmo os estudos que já englobam esta visão mais recente têm como suporte matemático métodos lineares que não permitem estudar a interação entre várias ações de jogo (i.e. comportamento tático coletivo) e respetivos constrangimentos, de forma dinâmica e complexa. Mais se acrescenta que, na modalidade de voleibol, não foi encontrado nenhum estudo que, para além de responder às carências de investigação previamente mencionadas, ao mesmo tempo avalie de forma agregadora as diferentes ações de jogo para que se obtenha um panorama global dos comportamentos táticos das equipas em contexto real de competição. Por exemplo, as questões da variabilidade e imprevisibilidade associadas ao jogo não foram ainda consideradas nesta modalidade. Do mesmo modo, também a análise entre equipas de nível competitivo diferente é largamente esquecido no campo da AJ no voleibol, o que limita a nossa compreensão acerca do que caracteriza e ao mesmo tempo distingue os dois níveis. Por conseguinte, esta lacuna de conhecimento não permite que os treinadores de equipas de nível competitivo inferior trabalhem especificamente no sentido de atingir desempenhos mais elevados nos indicadores táticos que se revelam mais determinantes. Perante tais hiatos na

investigação, urge a necessidade de estudos inovadores, sustentados por teorias e métodos mais recentes. Assim, a conceção do jogo de voleibol enquanto um sistema dinâmico, complexo, variável e consequentemente adaptável, levou-nos a indagar acerca da forma como os constrangimentos situacionais e o nível competitivo exercem influencia na performance desportiva das equipas, particularmente no que respeita à variabilidade e/ou regularidade das ações de jogo consideradas.

As considerações finais de seguida apresentadas resultam da análise conjugada e integrada dos contributos dos dois estudos que dão corpo à presente dissertação. A agregação global dos resultados permite obter uma visão mais integradora acerca das lacunas e tendências de investigação o que, ao mesmo tempo, explica a novidade do estudo empírico apresentado. Deste modo, após a interpretação dos resultados apresentados estamos aptos a enunciar implicações importantes e pertinentes para a prática.

O ensaio teórico apresentado permite conhecer as teorias e métodos que sustentam a aplicação da TSD ao desporto com especial destaque para a importância da variabilidade das ações e comportamentos táticos das equipas. A investigação na AJ no voleibol tem sido baseada em métodos de natureza descritiva, comparativa e preditiva (Mesquita, Paolo, Marcelino, & Afonso, 2012), negligenciando a aplicação de teorias mais recentes (i.e. TDS) e métodos não lineares. De forma pragmática, através destas novas teorias e metodologias, os estudos mais recentes têm permitido perceber, sobretudo em contexto de treino, como é que das interações entre jogadores e o ambiente em que estas se inserem surgem padrões de estabilidade, variabilidade e quebra de simetria de estados organizacionais (Araújo, Silva, & Davids, 2015; Davids, Araújo, Seifert, & Orth, 2015; Esteves et al., 2015; Vilar, Araújo, Davids, & Button, 2012). Através destes três conceitos, tem sido possível interpretar e traduzir cada vez melhor os comportamentos táticos das equipas no âmbito dos JDC. Do mesmo modo, tem sido também possível perceber que a variabilidade confere adaptabilidade ao sistema uma vez que, face a constrangimentos específicos, permite realizar uma mesma função. Pese embora a importância indiscutível deste conhecimento, o facto de o seu contexto de análise ser a

situação de treino retira o conhecimento acerca do comportamento das equipas no contexto desportivo mais importante, a competição. Neste sentido, torna-se óbvia a necessidade de aplicar esta nova corrente teórica, baseada na teoria dos sistemas dinâmicos e complexos, no âmbito das Ciências do Desporto, em geral, e ao voleibol, em particular, sobretudo tendo em conta o contexto competitivo.

O estudo empírico apresentado pretende precisamente dar resposta às lacunas previamente apresentadas. Este estudo permitiu analisar e comparar a variabilidade dos indicadores táticos de performance (i.e. condições de distribuição, zona e tempo de ataque, oposição de bloco) entre equipas com níveis competitivos distintos, bem como perceber de que forma o tipo (i.e. set decisivo e set não-decisivo) e período (i.e. período inicial e final) de set influenciam a variabilidade dos respetivos índices de desempenho. De forma sintética os resultados deste estudo mostraram que (1) existem diferenças entre o nível de elite e o nível nacional em todas as variáveis, (2) tais diferenças são ampliadas quando o tipo e o período de set são considerados, (3) a elite apresenta maior estabilidade (i.e. baixos valores de entropia) para as variáveis condições de distribuição e oposição de bloco, independentemente do tipo e período de set, (4) a elite apresenta maior imprevisibilidade (i.e. elevados valores de entropia) ao nível da zona e do tempo de ataque, sem considerar o tipo e período de set. Desta forma, é possível concluir que a incerteza das ações de ataque foi um fator chave de desempenho que apenas pode ser alcançado através da estabilidade noutras ações de jogo (i.e. criação de excelentes condições de distribuição). Esta informação encontra-se alinhada com as sugestões já apontadas por vários estudos que indicam que a qualidade de receção possibilita melhores condições de distribuição e, por isso, é um forte preditor do sucesso das ações de ataque (Afonso, Mesquita, & Palao, 2005b; Barzouka, Nikolaidou, Malousaris, & Bergeles, 2006; Palao, Santos, & Ureña, 2004; Palao, Santos, & Ureña, 2007; Zetou, Moustakidis, Tsigilis, & Komninakidou, 2007). A principal novidade deste estudo reside nos métodos que aplica, uma vez que esta permitiu demonstrar que as equipas de elite, dada a variabilidade que incorporam nomeadamente ao nível das ações

de ataque, apresentam uma capacidade adaptativa e, conseqüentemente, funcional maior, o que lhes permite obter uma multiplicidade de soluções e recursos em resposta aos diversos constrangimentos específicos do jogo. Esta capacidade foi sobretudo notória durante os momentos críticos da competição, como é o caso do set decisivo ou do período final do set. Nestes momentos, as equipas de elite, ao contrário das equipas de nível nacional, correm mais riscos uma vez que mantêm uma elevada imprevisibilidade ofensiva, através da manipulação das zonas e tempos de ataque. Perante estes dados, este estudo demonstra que a variabilidade (i.e. imprevisibilidade ou incerteza) adequada é potenciadora do sucesso ofensivo.

Limitações, Implicações para a Prática e Sugestões para Futuros Estudos

A escassez de informação acerca da aplicação da TSD à modalidade de voleibol, nomeadamente acerca da importância do conceito de variabilidade, surge como uma área de profundo interesse, mas, ao mesmo tempo, como um fator limitador, uma vez que não há bibliografia específica desta modalidade, sobretudo na vertente feminina, que suporte o nosso estudo e os seus resultados. Uma outra limitação referente ao estudo empírico apresentado prende-se com o facto de apenas terem sido analisadas as ações de jogo referentes ao complexo I de jogo (i.e. side-out). Dado o carácter dinâmico de jogo, um estudo aprofundado da interação entre os diversos complexos que formam o jogo, a observação e análise de todos os complexos de jogo poderia dar uma visão mais agregadora e global do comportamento tático das equipas ao longo de uma jogada completa, bem como perceber a influência que os complexos de jogo exercem entre si.

Em termos práticos, a presente dissertação fornece informação relevante para os treinadores. Em primeiro lugar, ao analisar o comportamento de níveis competitivos distintos, e perante os resultados alcançados, os treinadores do nível nacional podem observar quais são as características que mais diferenciam as suas equipas das equipas de elite e potenciar o

planeamento do treino e a preparação das suas equipas (desde os escalões mais jovens até às equipas adultas), no sentido de minimizar essas diferenças e, assim, subir o seu nível competitivo. Em segundo lugar, dado que a manipulação das zonas e tempos de ataque surge como um fator preponderante, importa para os treinadores de ambos os níveis trabalhar a componente técnica e tática dos seus distribuidores. Porém, tal como os dados do nosso estudo empírico sugerem, para tal é necessário adquirir primeiro condições de estabilidade no primeiro toque (i.e. receção) que proporcionem uma frequência elevada de condições de distribuição excelentes. Após o alcance de tal estabilidade, em termos práticos revela-se vantajoso trabalhar especificamente no sentido de ter um distribuidor que jogue frequentemente mais rápido e que diversifique ao máximo as zonas de ataque, independentemente das condições de distribuição para que mesmo em condições de distribuição desfavoráveis o jogo não perca o seu carácter rápido e imprevisível. Em terceiro lugar, a forma diferenciada como ambos os níveis se comportam durante os momentos críticos da competição permite concluir que este é um constrangimento que afeta o comportamento tático das equipas. Assim, torna-se óbvia a necessidade de replicar em treino estes momentos de “*stress emocional*” para que as equipas consigam manter igualmente o seu discernimento e disciplina tática em competição. Por outro lado, esta informação permite também que os treinadores planeiem as suas equipas no sentido de prever e antecipar as jogadas e movimentações dos seus adversários nestes momentos específicos do jogo.

Face à inexistência de estudos no âmbito da modalidade de voleibol que incorporem o carácter dinâmico e complexo do jogo e analisem a variabilidade dos comportamentos táticos das equipas, futuras investigações devem centrar-se neste recente campo de pesquisa. Assim, as investigações dedicadas a esta modalidade devem colocar progressivamente de parte os métodos de análise generalistas e adotar cada vez mais os conceitos e teorias mais recentes que permitam interpretar e traduzir melhor o comportamento táticos das equipas. Para além disso, vários complexos do jogo de voleibol carecem ainda de pesquisa, como por exemplo o complexo II, III ou IV. Apesar da vertente

masculina do voleibol ser portadora de uma maior investigação científica, também a este nível existem lacunas acerca da aplicação de conceitos e métodos mais recentes. Mais se acrescenta que outros eventos desportivos de relevo na modalidade, como é o caso da Liga Mundial ou o Grand Prix, podem e devem também ser alvo de análise. Em contraste, podem igualmente ser observadas outras ligas nacionais, bem como consideradas amostras de diferentes idades e escalões competitivos. Por último, podem ainda ser consideradas em futuras investigações outros indicadores táticos de desempenho, como a eficácia de ataque ou a influência do sucesso/insucesso da ação anterior na tomada de decisão seguinte.

Referências Bibliográficas

- Afonso, J., Mesquita, I., & Palao, J. M. (2005b). Relationship between the tempo and zone of spike and the number of blockers against the hitters. *International Journal of Volleyball Research*, 8(1), 19-21.
- Araújo, D., Silva, P., & Davids, K. (2015). Capturing group tactical behaviours in expert teams players (pp. 209-220).
- Barzouka, K., Nikolaidou, M., Malousaris, G., & Bergeles, N. (2006). Performance excellence of male setters and attackers in Complex I and II on Volleyball teams in the 2004 Olympic Games. *International Journal of Volleyball Research*, 99(1), 19-24.
- Davids, K., Araújo, D., Seifert, L., & Orth, D. (2015). Expert performance in sport: An ecological dynamics perspective. In J. Baker & D. Farrow (Eds.), *Routledge Handbook of Sport Expertise* (pp. 273-303). London: Routledge.
- Esteves, P. T., Silva, P., Vilar, L., Travassos, B., Duarte, R., Arede, J., & Sampaio, J. (2015). Space occupation near the basket shapes collective behaviours in youth basketball. *Journal of Sports Science*.
- Mesquita, I., Paolo, J., Marcelino, R., & Afonso, J. (2012). Perform analysis in indoor volleyball and beach volleyball. In T. McGarry, P. O'Donoghue &

- J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 367-379). London: Routledge.
- Palao, J., Santos, J., & Ureña, A. (2004). Effect of the setter's position on the block in volleyball. *International Journal of Volleyball Research*, 7(1), 29-32.
- Palao, J., Santos, J. A., & Ureña, A. (2007). Effect of the manner of spike execution on spike performance in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(2), 126-138.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*, 42(1), 1-10.
- Zetou, E., Moustakidis, A., Tsigilis, N., & Komninakidou, A. (2007). Does Effectiveness of Skill in Complex I Predict Win in Men's Olympic Volleyball Games? *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 3(4), Article 3.